corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 1 - 6 maggio 1961 - un fascicolo lire 150 32° numero

corso di

RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità: Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

IL TUBO A RAGGI CATODICI

Nel 1898, quando la valvola termoionica non era ancora nota, uno scienziato che si occupava di ricerche fisiche, Karl F. Braun, creò un tipo particolare di valvola.

La costruzione era relativamente semplice, come è illustrato schematicamente alla **figura 1**. Si trattava in sostanza di un elettrodo metallico (*K*), collocato internamente ad una delle estremità di un involucro di vetro e munito di un collegamento che si prolungava attraverso il vetro stesso verso l'esterno. Un secondo elettrodo metallico (*A*), funzionante da anodo, era posto internamente al tubo ad una certa distanza dal primo, lungo l'asse. Tale elettrodo era prolungato verso l'alto, ed un conduttore ad esso connesso sporgeva attraverso il bulbo onde consentire un collegamento elettrico. All'incirca in corrispondenza della metà della lunghezza del tubo, si trovava una specie di diaframma, o piastrina circolare munita di un foro al centro: questo diaframma (*B*) era collocato quasi alla fine della parte stretta, detta « collo », e si adattava perfettamente al diametro interno del tubo. Un ultimo elettrodo (*S*) isolato, sul quale era stato depositato un sottile strato di speciali sostanze chimiche, era installato all'altra estremità del tubo, ed appoggiato contro la superficie interna della parte piatta. Quest'ultimo elettrodo era lo « schermo ».

Nel tubo veniva praticato il vuoto. Tra il catodo (*K*) e l'anodo (*A*) veniva applicata una differenza di potenziale notevole, pari a circa 50.000 volt, con polarità tale che l'anodo risultasse positivo rispetto al catodo. L'alta differenza di potenziale presente tra i due elettrodi citati determinava l'estrazione forzata di *cariche negative* dal catodo, e lo spostamento di queste cariche, rapidissimo e progressivamente accelerato, verso lo schermo. All'epoca in cui tale tubo fu sperimentato, l'identificazione delle cariche emesse dal catodo con gli elettroni propriamente detti era ancora in dubbio. Era stato tuttavia assodato che dette particelle catodiche recavano cariche negative, e che potevano essere attratte da un elettrodo polarizzato con un potenziale positivo. Non fu che vari anni dopo che le cariche negative stesse furono riconosciute come elettroni secondo il concetto moderno. Di conseguenza, non è affatto strano che le particelle estratte dal catodo dessero al dispositivo il nome di « tubo a raggi catodici ».

Le cariche negative si staccavano dal catodo, distribuendosi nello spazio circostante con un movimento direzionale in avanti, come illustrato dalle linee tratteggiate nella figura 1. A causa però del diaframma, (*B*), la maggior parte di esse veniva intercettata dalla piastrina che conteneva il foro. Ciò nonostante, esse penetravano in numero sufficiente nell'apertura, e continuavano il loro spostamento fino allo schermo, costituendo così una debole corrente. La loro presenza nel tubo, ed il loro arrivo sullo schermo, erano denunciati da una luminescenza di quest'ultimo nel punto colpito direttamente dal fascio delle cariche. Tale fenomeno prende il nome di « fluorescenza ».

Scopo ultimo del tubo era quello di costituire un mezzo atto ad indicare gli spostamenti di un raggio catodico sotto l'influenza di campi magnetici o elettrostatici.

La necessità della presenza di una tensione particolarmente elevata sull'anodo del tubo di Braun, allo scopo di estrarre gli elettroni dal catodo, impose però numerose e serie limitazioni all'utilità del dispositivo. Dal momento che gli amplificatori a valvole termoioniche erano allora sconosciuti, e che l'alta tensione anodica dava alle cariche che costituivano il raggio una notevole velocità, detto tubo poteva essere utilizzato solo allorchè erano disponibili tensioni e correnti di valore molto alto per determinare campi magnetici ed elettrostatici tali da riuscire a deviare il raggio stesso.

Tra i vari sistemi per introdurre un campo elettrostatico è da annoverarsi l'applicazione di una coppia di placchette parallele, tra le quali era presente una grande differenza di potenziale. Le placchette in questione venivano applicate su due lati opposti dell'involucro del tubo, lungo il percorso del raggio compreso tra il diaframma e lo schermo. Il campo di deflessione elettromagnetica fu invece ottenuto mediante due avvolgimenti piatti collegati in serie tra loro e percorsi da corrente; ciascuno di essi era collocato ad un lato del tubo, coassialmente, in modo tale che i due campi rispettivi si sommassero.

J.B. Johnson creò in seguito un nuovo tipo di tubo, che da lui prese il nome e che fu presentato nel 1921. Anche questo tipo, illustrato alla **figura 2**, consisteva in un involucro di vetro, ed aveva la forma caratteristica di un imbuto, col collo stretto che, ad un certo punto, si allargava per poi terminare ad una superficie piana di chiusura. All'interno della parte stretta era installato il filamento che poteva essere reso incandescente ad opera della corrente erogata da una batteria esterna, fino a raggiungere una temperatura abbastanza elevata da consentire l'emissione di elettroni

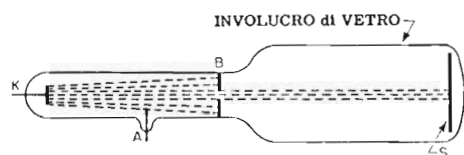



Fig. 1 - Il tubo ideato da Braun può essere considerato la base di partenza del tubo a raggi catodici odierno. Necessitava di una tensione molto elevata tra l'elettrodo K e l'elettrodo A per dar luogo al fascio elettronico che, attraversando una foratura del diaframma B, colpiva S rendendolo luminescente.

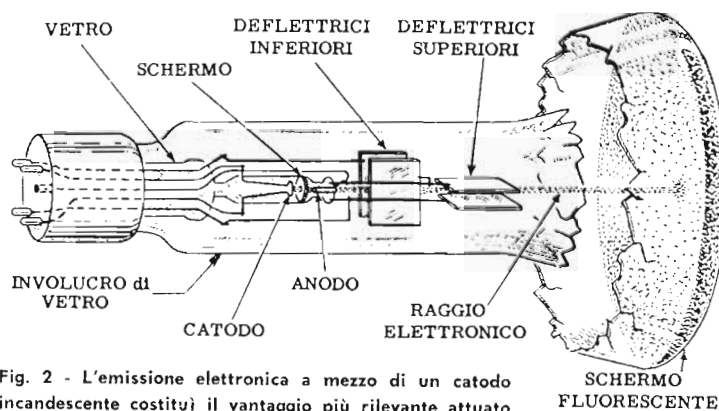



Fig. 2 - L'emissione elettronica a mezzo di un catodo incandescente costituì il vantaggio più rilevante attuato col tubo di Johnson qui raffigurato.

come avviene nelle comuni valvole a noi già note. Immediatamente al di sopra della parte emittente del filamento, si trovava un dispositivo consistente in uno schermo, nel quale era praticato un piccolo foro, ed un anodo tubolare. Detti componenti, ossia il filamento, lo schermo e la parte dell'anodo, erano installati sopra un supporto di vetro. L'anodo veniva polarizzato mediante la tensione di una batteria che lo rendeva positivo di circa 300 volt rispetto al filamento, per cui gli elettroni ne venivano attratti. Quelli che riuscivano a passare attraverso la piccola apertura praticata nello schermo, passavano successivamente attraverso il tubetto cavo che costituiva detto anodo, ed entravano nella parte più ampia del tubo, dirigendosi verso lo schermo. Quest'ultimo consisteva in un sottile deposito di sostanze speciali, applicate alla superficie interna della parete anteriore del tubo stesso. Attraverso detta parete, di vetro, e perciò trasparente, era possibile osservare la fluorescenza causata dal raggio catodico.

Il vantaggio di questo tipo di tubo consisteva nel fatto che, dal momento che l'emissione di elettroni era dovuta all'incandescenza del filamento, non era più necessario disporre di una tensione talmente elevata sull'anodo da determinare l'emissione stessa. Il compito del potenziale positivo presente sull'anodo era pertanto solo quello di *accelerare* il movimento degli elettroni assorbendone una quantità minima, e dando loro una velocità sufficiente affinchè costituissero un raggio che potesse giungere fino allo schermo.

Due coppie di placchette parallele furono poi installate ad angolo retto tra loro ed una sull'altra rispetto alla direzione del raggio. Il loro compito consisteva nel determinare la deviazione o « deflessione » del raggio: erano sistemate in modo tale che il raggio, nella sua direzione naturale, passasse esattamente al centro dello spazio presente tra ognuna delle due coppie affacciate.

L'adozione della deviazione elettrostatica, ottenuta con tali placchette, costituì un passo avanti nel progetto e nella fabbricazione, nonchè nell'utilizzazione dei tubi a raggi catodici. Il tubo Johnson fu il primo ad impiegare *due paia* di placche deflettrici per determinare la deviazione del raggio, ed il primo ad adottare il dispositivo in questione come parte indispensabile di questo tipo di valvola indicatrice. Le placchette deflettrici erano disposte in due coppie tra loro perpendicolari, onde consentire la deviazione del raggio in due sensi ortogonali.

Oltre al vantaggio di una minore tensione anodica, il tubo di Johnson presentava quello di implicare la necessità di una intensità di campo notevolmente inferiore agli effetti della deviazione del raggio, e ciò grazie alla minore velocità degli elettroni. L'innovazione permise un notevole aumento della sensibilità. Oltre a ciò, i miglioramenti successivamente apportati alle sostanze costituenti la superficie fluorescente consentirono di ottenere immagini più nitide. Per ultimo, furono apportati alcuni miglioramenti alla struttura dei vari elementi, specie nei confronti della distanza tra gli elettrodi di ogni coppia deflettrice, allo scopo di aumentare la sensibilità, ossia di consentire deflessioni più ampie con differenze di potenziale minori.

Il fascio elettronico non poteva però seguire rapidamente le variazioni della tensione applicata alle placchette deflettrici, a causa della presenza di ioni dovuta a gas, che rendevano il fascio stesso relativamente « pesante ». Il risultato fu che il limite massimo della frequenza di deviazione era pari a circa 100.000 Hz. Tale limite era in effetti troppo basso per adattarsi alle esigenze dell'elettronica in continuo sviluppo: a quell'epoca infatti esistevano già apparecchi funzionanti a radiofrequenza. Il vantaggio rispetto al tubo di Braun (che limitava la frequenza stessa a 50 o 100 Hz al massimo), sebbene notevole, non era più sufficiente.

Il tubo a raggi catodici nel suo aspetto attuale, illustrato alla **figura 3**, è paragonabile al tubo di Johnson nella sua caratteristica di deviazione elettrostatica. In un primo tempo, venne impiegato questo solo sistema di deflessione, mentre più tardi assunse grande importanza (per la televisione) l'altro sistema, quello basato cioè sull'influenza che un campo magnetico ha sul raggio catodico, del quale non ci occuperemo in quanto esula — per il momento — dal nostro programma.

Come si nota nella figura, la versione moderna del tipo elettrostatico è un po' più complessa di allora; ciò ha consentito notevoli miglioramenti agli effetti del funzionamento e delle prestazioni. Si ha un tubo di vetro nel quale viene praticato un vuoto molto spinto; l'emissione elettronica avviene ad opera di un catodo caldo. La messa a fuoco del raggio, per determinare sullo schermo un punto di minime dimensioni e molto luminoso, viene effettuata con maggiore facilità di pri-

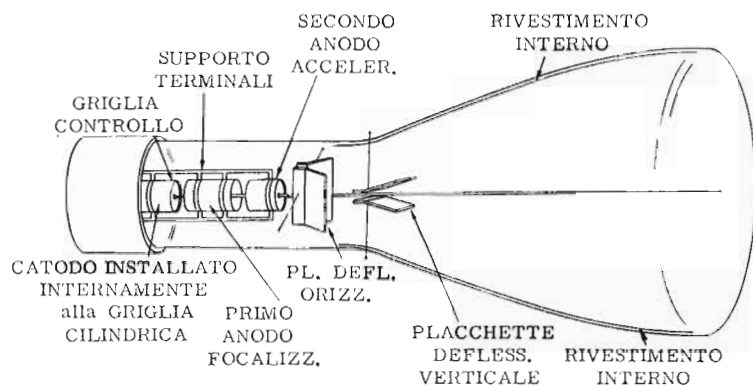



Fig. 3 - Ulteriori perfezionamenti al tubo di Johnson portarono al tubo attuale rappresentato in figura con i diversi elettrodi aggiunti.

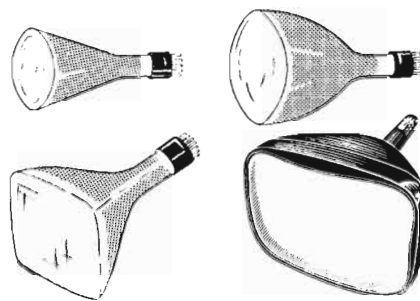



Fig. 4 - I tubi a raggi catodici possono variare nelle dimensioni ma, nell'aspetto generico, hanno sempre la forma illustrata in figura.

ma. Oltre a tutto. questo tipo di tubo presenta una notevole stabilità di funzionamento. In diretto confronto col tubo di Johnson, il tubo moderno è un po' meno sensibile; ciò ha, tuttavia, un'importanza relativa, poichè gli amplificatori che oggi è possibile realizzare — grazie all'impiego delle valvole termoionicbe — sono in grado di dare al dispositivo tutta la necessaria sensibilità, adeguata alle varie esigenze.

La sorgente dell'emissione elettronica è, come si è detto, un catodo riscaldato direttamente (filamento), o indirettamente. All'interno è installato un insieme di elettrodi cilindrici, ai quali vengono applicate varie tensioni (a corrente continua). Queste ultime esercitano un'azione di controllo sulla corrente di elettroni, variandone l'accelerazione e la concentrazione in un piccolo e ben definito punto in corrispondenza dell'incidenza sullo schermo. Lo schermo è costituito da un deposito di speciali sostanze applicate sulla superficie interna della parte che chiude l'imbuto, come nel tipo ideato da Johnson.

Gli elettrodi installati internamente per la deviazione elettrostatica, agiscono su di uno spazio che viene attraversato dagli elettroni, dopo che questi si sono riuniti in un fascio o « raggio » per effetto delle tensioni applicate ai vari elettrodi.

Il tubo illustrato nella figura 3 è solo un esemplare dei diversi tipi: ne esistono altri di differenti lunghezze e muniti di schermi di diverso diametro, come pure altri che impiegano campi elettromagnetici per compiere funzioni di vario genere. La **figura 4** ne illustra l'aspetto generico. Su ognuno di essi verranno forniti dettagli più avanti; tuttavia, siano essi a deviazione elettrostatica o elettromagnetica, la forma e l'aspetto esterno si mantiene pressochè eguale.

IMPORTANZA DEL TUBO a RAGGI CATODICI

L'importanza del tubo a raggi catodici nel campo delle applicazioni elettroniche deriva dal numero elevato delle possibilità che esso offre, (alcune sono già state menzionate) e precisamente:

1) La possibilità di riprodurre, in maniera direttamente visibile, il modo con cui un campo elettrostatico varia di intensità, rendendo così otticamente percepibili *le variazioni istantanee della tensione* che determina la presenza del campo. In altre parole, consente di « vedere » la forma d'onda.

2) La possibilità di riprodurre, in maniera direttamente visibile, il modo con cui un campo elettromagnetico varia di intensità, rendendo così otticamente percepibili *le variazioni istantanee della corrente* che determina la presenza del campo. Anche in questo caso, consente di vedere la forma d'onda.

3) L'attitudine da parte del raggio elettronico a seguire fedelmente le variazioni dell'intensità di campo di frequenze tra 0 e 10.000 MHz ed anche più alte, il che consente di vedere l'andamento delle tensioni, di transitori o di impulsi, entro l'ampia gamma di frequenza citata.

4) La possibilità di controllare facilmente l'intensità della fluorescenza dello schermo, ossia la luminosità del punto, da zero fino al valore massimo consentito da quel dato tubo.

5) La possibilità di spostare deliberatamente la posizione del punto luminoso, in qualsiasi zona dello schermo, modificando i campi di deflessione, le cui caratteristiche sono predeterminate. In tal modo, il punto dello schermo che viene colpito dal raggio elettronico può essere scelto automaticamente, ed è perciò possibile sviluppare qualsiasi forma desiderata.

Stante l'assieme di tutte queste possibilità, si può intuire che il tubo a raggi catodici costituisce un comodo dispositivo indicatore che, usato unitamente ad altri apparecchi di vario genere, può fornire una grande varietà di informazioni per l'esame visuale di segnali. Il tipo di informazione viene determinato dalle caratteristiche degli apparecchi ad esso uniti a tale scopo. I campi elettrostatici ed elettromagnetici ai quali si ricorre per variare il comportamento del raggio catodico, sono soltanto un mezzo per raggiungere un determinato scopo.

Qulsiasi caratteristica relativa ad una quantità periodica, come ad esempio la fase, la frequenza, l'ampiezza, il contenuto di armoniche, la durata, ed altre ancora, può essere rilevata agevolmente facendo in modo che il fenomeno che si desidera osservare determini la produzione del campo che provvede alla deviazione del fascio di elettroni.

Nella tecnica elettronica si verifica, spesso, la neces-

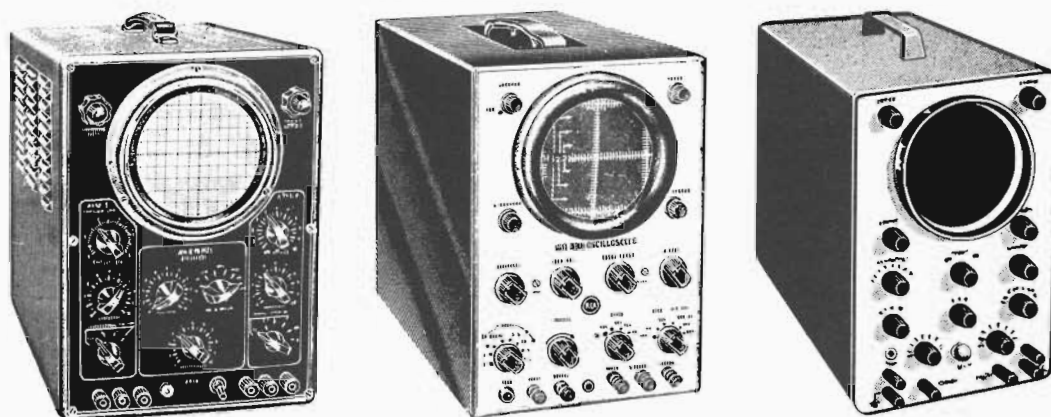



Fig. 5 - Il tubo a raggi catodici viene sfruttato, in unione ad appositi circuiti elettrici, per l'osservazione di fenomeni di diversa natura: l'apparecchio che ne deriva è l'oscillografo che si presenta come da illustrazione.

sità di misurare la durata di un fenomeno molto breve. Il tubo a raggi catodici rappresenta un mezzo ideale per ottenere tale risultato, grazie alla caratteristica di responso alla frequenza del fascio. Più breve è l'intervallo di tempo considerato — pari, ad esempio, a qualche microsecondo o anche ad una frazione di tale unità di tempo — maggiore è il valore del tubo, nei confronti di altri, come elemento indicatore del fenomeno elettrico.

Facciamo osservare che la possibilità di spostare il raggio catodico in qualsiasi punto dello schermo, ed il controllo della sua luminosità grazie all'azione di determinate tensioni, costituiscono la base sulla quale è stato possibile realizzare la televisione. L'immagine che si vede sullo schermo televisivo,è infatti costituita da un punto luminoso che si sposta, variando contemporaneamente di intensità, e seguendo in ogni punto del suo movimento le caratteristiche dell'immagine originale teletrasmessa.

IMPIEGO DEL TUBO a RAGGI CATODICI

Il tubo a raggi catodici non può essere impiegato da solo. E' indispensabile che ad esso facciano capo appositi circuiti e, spesso, altre apparecchiature.

L'immagine visibile sullo schermo è una funzione dei relativi circuiti di cui sopra, e dei segnali di ingresso. L'interpretazione che ne deriva è, a sua volta, determinata dallo scopo dell'intero assieme: in altre parole, nelle varie apparecchiature elettroniche, è possibile trovare impiegati tubi a raggi catodici aventi le medesime dimensioni e caratteristiche, ciascuno dei quali però fornisce dati diversi, ossia ha un diverso comportamento, a seconda dei circuiti che lo fanno funzionare.

E' del pari possibile trovare tubi aventi caratteristiche elettriche e dimensioni diverse, che compiono invece la medesima funzione, in quanto i circuiti ai quali sono connessi sono analoghi e progettati per il medesimo scopo. Per tale motivo si usano — a volte — per lo stesso tipo di misura, tubi aventi schermo di diverso diametro.

Dal punto di vista delle applicazioni, i tubi a raggi catodici possono essere divisi in due grandi categorie: tubi adatti agli strumenti di misura, e tubi adatti alla riproduzione di immagini televisive.

Tutti gli strumenti di misura muniti di un tubo a raggi catodici possono essere definiti « oscilloscopi » o « oscillografi a raggi catodici » o più comunemente « oscillografi ». In tali strumenti, di cui alcuni esemplari sono illustrati alla **figura 5**, il tubo a raggi catodici costituisce l'elemento che riproduce il fenomeno elettrico sul quale viene compiuta l'indagine. L'indagine può essere di vario genere, a seconda delle caratteristiche delle apparecchiature usate in unione al tubo stesso, e delle caratteristiche del circuito sul quale vengono effettuate le indagini. In pratica, tutte le tensioni e le correnti presenti in qualsiasi tipo di ricevitore, trasmettitore, oscillatore o amplificatore, e — virtualmente — qualsiasi tipo di apparecchiatura elettronica, possono essere esaminate otticamente, ed è possibile determinare qualsiasi loro caratteristica.

La natura delle tensioni e delle correnti da esaminare, e la loro origine, costituisce assai di rado un fattore limitante. Esistono degli accessori, tra i quali le cosidette « sonde » che permettono l'adattamento a quasi tutti i punti presenti nei circuiti.

Dal momento che possono essere determinate le quantità elettriche, sullo schermo del tubo può essere reso chiaramente visibile sia il funzionamento del circuito, che l'eventuale relativa necessità di messa a punto.

RICHIAMO alla TEORIA delle CARICHE ELETTRICHE

Gli atomi che costituiscono tutta la materia sono formati — come sappiamo — da particelle elementari di elettricità, note sotto il nome di elettroni e protoni. Le quantità di elettricità rappresentate da queste due particelle basilari si equivalgono, ma la carica di ogni singolo elemento è troppo piccola per avere un'utilità pratica.

Un corpo, elettricamente carico, contiene un eccesso o una deficienza di un gran numero di elettroni. La carica dei corpi solidi viene considerata in riferimento all'aggiunta (eccesso) e alla rimozione (mancanza) di elettroni invece che di protoni.

Gli elettroni hanno una maggiore mobilità grazie alla loro massa notevolmente inferiore (pari ad 1/1850 di quella di un protone), e possono essere costretti a spostarsi da un luogo ad un altro con maggiore facilità. Qulsiasi corpo che sia stato costretto ad assorbire un

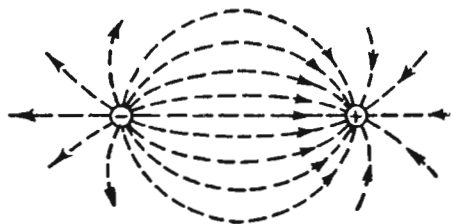



Fig. 6 - Campo elettrostatico tra due corpi a cariche contrarie: la direzione delle linee di forza è indicata dall'effetto del campo su di un'unità negativa di carica, qual'è un elettrone.

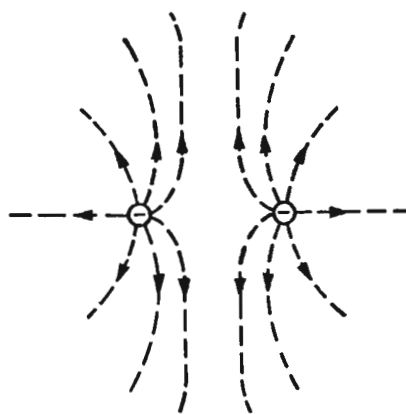



Fig. 7 - Campo elettrostatico tra due cariche eguali (negative): è messo in evidenza l'effetto di repulsione laterale, e lo appiattimento delle linee di forza adiacenti, aventi la stessa direzione.

numero di elettroni maggiore di quanti esso ne contenga in condizioni normali, viene considerato carico di elettricità negativa. Viceversa, un corpo dal quale alcuni elettroni sono stati asportati viene considerato carico di elettricità positiva.

Campi elettrici e linee di forza

Come il lettore ricorderà, in quanto di tali argomenti si è parlato allorchè sono stati esposti i principi essenziali dell'elettrostatica, i corpi carichi di elettricità reagiscono l'uno con l'altro in un modo determinato.

Ciò dimostra che tra i corpi esiste una forza. Per chiarire tale fenomeno fu introdotto il concetto del campo. Rivediamo un momento i diversi concetti già esaminati, al fine di associarli con maggiore facilità alle relative applicazioni attuate nei riguardi del tubo a raggi catodici.

Un campo elettrostatico, chiamato a volte campo elettrico, è una zona nella quale sussistono delle forze elettriche, e rappresenta « energia », ossia attitudine a compiere un lavoro. Detto lavoro viene compiuto sotto forma di una forza che si manifesta su altre cariche presenti nel campo stesso. Di conseguenza, il campo elettrostatico può essere considerato un campo di forza. Una linea di forza elettrica deve avere una direzione che inizia dal corpo o dalla regione avente una certa polarità, ed è rivolta verso il corpo o regione di polarità opposta, come è illustrato alla **figura 6**.

Nel tubo a raggi catodici interessa soltanto l'effetto del campo sugli elettroni, che costituiscono le cariche negative. Per tale motivo, la direzione lungo la quale le linee di forza elettrostatica agiscono è rappresentata dal polo negativo verso quello positivo, in quanto tale è la direzione del moto degli elettroni stessi.

Le linee di forza elettrostatica hanno due proprietà importanti: la prima, è la contrazione nel senso della lunghezza. Una striscia di gomma, ad esempio, sottoposta a trazione, tende a contrarsi nel senso della lunghezza: in tal modo si compie un lavoro, convertendo un'energia potenziale in energia di moto (chiamata energia cinetica) ed anche in calore. Analogamente, la energia potenziale presente lungo la linea di forza elettrica può essere convertita in energia cinetica ed in calore, allorchè la linea di forza stessa si contrae. Ciò significa che una carica stazionaria, come ad esempio un elettrone, può essere spostata.

In secondo luogo, le linee di forza che agiscono nella medesima direzione presentano la particolarità di respingersi reciprocamente. Di conseguenza, le linee presenti tra due cariche sono tutte curve verso l'esterno (figura 6) ad eccezione di quella che coincide con la linea retta che congiunge le cariche stesse, perchè, data la repulsione eguale su entrambi i lati della linea assiale di forza, questa linea risulta diretta.

A distanza dall'asse, le linee di forza si curvano — come si è detto — verso l'esterno, perchè la forza di repulsione proveniente dall'asse è maggiore di quella proveniente dalle linee esterne, e quindi le spinge all'infuori.

Campi elettrici tra cariche opposte

Una delle leggi basilari della fisica è che — come ben sappiamo — le cariche opposte si attraggono e le cariche analoghe si respingono.

Consideriamo due piccoli corpi carichi di elettricità *opposta* (figura 6). Essi esercitano un'attrazione reciproca, e le linee di forza illustrate nella figura li collegano tra loro. Qualsiasi linea di forza presente tra due cariche deve essere rappresetata in modo da collegarle direttamente: tuttavia, a causa delle limitazioni imposte dall'illustrazione, alcune linee sono rappresentate come incomplete. Le cariche opposte di cui ci occupiamo possono essere a notevole distanza l'una dall'altra, senza peraltro alterare minimamente la condizione che le linee di forza, aventi inizio in una carica negativa, terminino in una carica positiva. Sebbene che, nel caso in cui la distanza tra le cariche sia grande, l'intensità della forza esercitata sia molto piccola, ciò non cambia per niente la situazione.

Campi elettrici tra cariche analoghe

Consideriamo la rappresentazione di un campo elettrico esistente tra due corpi aventi cariche della *medesima* polarità (**figura 7**). Le linee di forza ivi rappresentate sembrano non avere fine, e questo in quanto nella figura è possibile rappresentare solo una piccola parte dei campi. Ciò che vediamo è, in certo qual modo, soltanto quella sezione di due campi separati che si estende tra due cariche opposte (una delle quali è quella rappresentata col segno -, mentre l'altra rispettiva si trova in un punto qualsiasi dello spazio circostante).

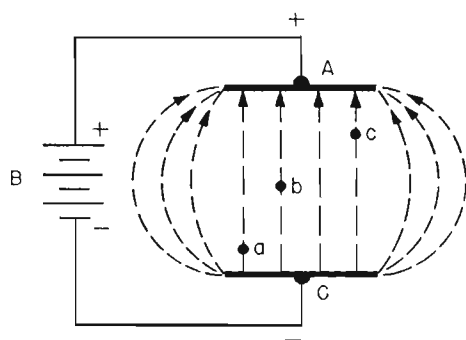



Fig. 8 - Campo elettrostatico tra due piastre cariche. Si ha un'uniformità di campo consistente in linee di forza parallele tra le piastre: il campo periferico è formato invece da linee curve. Nel campo, « a », « b », e « c » rappresentano tre elettroni.

Fig. 9 - Nel campo tra due piastre cariche si hanno punti a pari potenziale tra loro: unendoli idealmente nel piano, si ottengono delle linee equipotenziali.

La repulsione esistente tra cariche analoghe si traduce quindi in una curvatura delle linee di forza, le quali, non potendo incontrarsi, tendono a chiudersi in direzione di un altro punto, di polarità opposta.

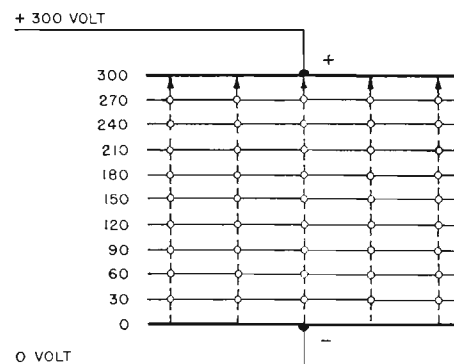
Anche in questo caso l'energia potenziale può tradursi in energia cinetica, purchè almeno uno dei corpi caricati sia libero di muoversi per effetto della repulsione. In mancanza di tale possibilità, l'energia resta sempre presente, ma solo allo stato potenziale.

Forze in campo tra elettrodi carichi

La **figura 8** illustra il caso di due elettrodi paralleli tra loro, caricati a polarità opposta e collocati ad una certa distanza. Essi sono polarizzati mediante la batteria *B*, la quale crea tra di essi una differenza di potenziale. I punti *a*, *b* e *c* rappresentano tre diversi elettroni che si trovano in tale spazio. Come è visibile dalla rappresentazione grafica, le linee che riempiono lo spazio interposto tra gli elettroni sono parallele, per la azione repulsiva delle forze che si bilanciano, mentre quelle che si estendono al di fuori di tale spazio, sono curve verso l'esterno a causa dello sbilanciamento delle forze.

Essendo gli elettroni — per loro stessa natura — cariche negative, sono attratti dall'elettrodo positivo e respinti da quello negativo. Un particolare di notevole importanza è che, nonostante la diversa distanza dai due elettrodi, gli elettroni subiscono la medesima forza di attrazione verso l'elettrodo positivo. Ciò si verifica perchè, mentre, ad esempio, quello centrale subisce una forza di attrazione da parte dell'elettrodo positivo — alla quale si somma quella di repulsione, di eguale entità, da parte dell'elettrodo negativo — gli altri elettroni, a seconda della posizione, subiscono una forza di attrazione ed una di repulsione di entità tale che, sommate (in quanto agiscono nel medesimo senso) dànno per risultato una forza identica a quella che agisce sull'elettrone in posizione centrale già considerato.

Da ciò deriva che, data una certa differenza di potenziale, ossia un certo campo elettrostatico, l'energia cinetica che si manifesta nei confronti degli elettroni interposti, è costante qualunque sia la loro posizione.

Per specificare l'entità dell'energia acquistata dagli elettroni, si ricorre al termine **volt/elettrone**. Se, ad esempio, si applica, tra due piastre parallele una d. d. p. pari a 1.000 volt, e se il campo elettrico che ne deriva accelera un elettrone da una piastra all'altra, ossia tra 1.000 volt, si dice che l'elettrone ha acquistato 1.000 volt/elettrone di energia cinetica rispetto alla condizione di stasi in assenza del campo. Si può dire che la velocità di quell'elettrone ammonta, quindi, a 1.000 volt. Detta velocità può anche essere espressa in percentuale della velocità della luce, secondo la tabella che segue, che riporta le velocità approssimative per diverse tensioni di acelerazione.

Tensione di accelerazione in volt	Percentuale della velocità della luce
1.000	7
5.000	14
10.000	19
50.000	33
25.000	44

Punti e linee equipotenziali

La **figura 9** illustra il comportamento del potenziale nella estensione longitudinale di un campo elettrostatico. I punti a pari potenziale sono uniti, nel disegno, e ne deriva l'aspetto illustrato in figura. Tra i due elettrodi è applicata una d. d. p. di 300 volt: se lo spazio interposto viene suddiviso teoricamente in dieci parti eguali, perpendicolari rispetto alla direzione delle linee di forza, anche la d. d. p. viene suddivisa in altrettante parti eguali. Ne consegue che, qualsiasi punto sul piano, se si trova al centro della distanza, ha un potenziale di 0 oppure 300 volt, a seconda che si trovi, rispettivamente, a contatto dell'elettrodo negativo o di quello positivo. Esso può, inoltre, assumere tutti i valori di potenziale intermedi, a seconda della distanza, ossia della sua posizione nei confronti dei due elettrodi. Le linee di pari potenziale, è da chiarire, non sono linee di forza elettrostatica, ma sono linee che incrociano ad angolo retto le linee di forza elettrostatica.

In considerazione di quanto sopra, gli elettroni, che tendono a muoversi in direzione parallela alle linee elettriche di forza, si muovono ad angolo retto rispetto ad una linea equipotenziale (ossia ad una delle linee trasversali riportate nel disegno, il cui potenziale è costante su tutta la lunghezza).

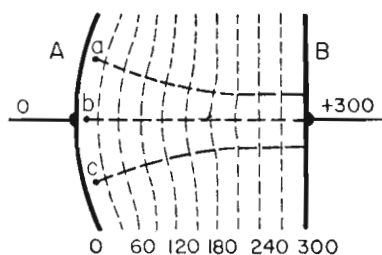



Fig. 10 - Linee equipotenziali tra una piastra curva ed una piana. Gli elettroni (a, b, c,) si muovono in senso perpendicolare alle linee e, andando verso B, tendono a convergere.

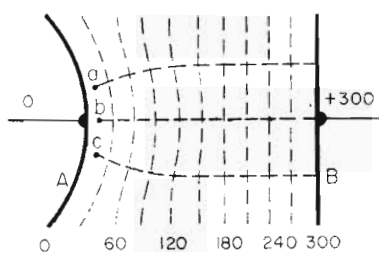



Fig. 11 - Caso contrario a quello della figura 10. Gli elettroni, muovendo verso B, raggiungono tale piastra più distanti tra loro di quanto non fossero in posizione di partenza.

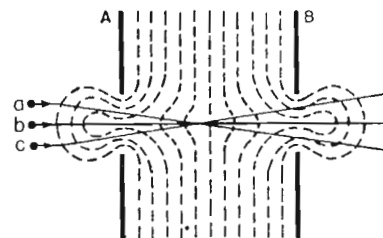



Fig. 12 - Tra due dischi (A e B) aventi un'apertura al centro, le linee di forza assumono l'aspetto illustrato, e gli elettroni, muovendo verso B, seguono il percorso indicato.

Movimento degli elettroni in un campo tra elettrodi carichi

In molti casi, nei tubi a raggi catodici, vengono impiegati campi non uniformi. Un semplice sistema per ottenere un campo non uniforme è illustrato alla **figura 10**, e consiste nell'adottare un elettrodo a superficie piana ed uno a superficie curva. Come si nota, le linee tratteggiate rappresentano le linee equipotenziali, parallele in prossimità dell'elettrodo piano, e sempre più curve mano a mano che esse si avvicinano all'elettrodo curvo.

Gli elettroni *a*. e *c*. si spostano verso la piastra positiva *B* sempre in direzione perpendicolare alle linee equipotenziali, per cui, essendo queste ultime curve, anch'essi devono seguire una traiettoria curva (vedi figura). Gli elettroni tendono a convergere in prossimità dell'elettrodo piano. L'elettrone *b*, invece, non subisce alcuna deviazione nella direzione di moto, in quanto lungo il suo spostamento esso segue la linea retta in direzione perpendicolare alle linee equipotenziali.

La **figura 11** illustra un caso opposto, nel quale lo elettrodo negativo è curvo in senso contrario al precedente. Anche in tal caso, come si nota, il movimento degli elettroni è sempre perpendicolare alle linee equipotenziali, per cui gli elettroni tendono a divergere man mano che si allontanano dall'elettrodo negativo, fino a riacquistare direzioni parallele in prossimità di quello positivo.

Una situazione ancora differente è illustrata alla **figura 12**, nella quale i due elettrodi sono due piastre, o dischi paralleli, recanti un foro centrale. Le linee equipotenziali tendono a seguire l'andamento raffigurato, in quanto il campo elettrostatico si estende al di fuori delle aperture. Il movimento degli elettroni è influenzato non solo nello spazio tra i dischi, ma anche al di fuori di tale spazio, in prossimità delle aperture. Se tre elettroni, *a*, *b* e *c*, devono passare attraverso tali aperture entrando da *A* e diretti verso destra, accade che *a* e *c* sono costretti, in un primo momento, a convergere, in quanto attraversano linee equipotenziali convesse. In corrispondenza della metà percorso tra le due piastre essi coincidono, per separarsi di nuovo divergendo, man mano che si avvicinano all'apertura dell'elettrodo *B*. L'elettrone *b*, anche in questo caso, si muove lungo una linea retta poichè si trova sull'asse di simmetria ed avanza ad angolo retto rispetto a ciascuna linea equipotenziale.

Il fenomeno illustrato alla figura 12 presenta notevole analogia col comportamento delle lenti nei confronti dei raggi di luce. Come con due lenti è possibile concentrare, ossia mettere « a fuoco » un raggio luminoso, con due elettrodi polarizzati è del pari possibile mettere a fuoco un fascio di elettroni in movimento.

Una seconda versione di questa applicazione è rappresentata alla **figura 13**, nella quale i due elettrodi, raffigurati in sezione, sono costituiti da due cilindri internamente vuoti. Se il cilindro più piccolo (*A*) è positivo rispetto ad un punto fisso di riferimento, mentre il più grande (*B*) ha un potenziale positivo ancora maggiore, tra di essi si forma un campo eletrostatico. Tutte le linee di forza attraggono nella medesima direzione, e, a causa della loro repulsione laterale, tendono ad appiattirsi in corrispondenza dell'asse. Presso quest'ultimo esse sono perciò pressochè parallele. Le linee equipotenziali risultanti assumono, nell'assieme, tre forme essenziali, come è illustrato alla **figura 14**, e precisamente: convessa entro il cilindro *A*, piana in prossimità della zona in cui i bordi dei due cilindri coincidono, e concava nel cilindro *B*.

Un certo numero di elettroni che parte da un punto raffigurato a sinistra della figura 14 si apre a ventaglio a causa del potenziale positivo del cilindro *A*, il quale attira gli elettroni e dà loro una certa accelerazione. Non appena penetrati nello spazio delimitato dal cilindro, gli elettroni percepiscono una nuova forza in conseguenza del campo esistente tra *A* e *B*, la quale forza tende a spostarli dalla superficie interna del primo verso quella del secondo. Entrambi i campi esercitano la loro influenza sugli elettroni, ed il movimento che ne deriva è dato dal risultato della loro combinazione. La convergenza delle direzioni di ciascuno di essi è dovuta al fatto che — come è noto — essi attraversano perpendicolarmente le linee equipotenziali. Gli elettroni che si spostano lungo l'asse dell'intero sistema soddisfano sempre tale esigenza, e, come già visto nei casi precedenti, la loro direzione non subisce alcuna modifica.

Il lettore avrà notato, a questo punto, che gli esempi illustrati nelle diverse figure si sono andati gradualmente avvicinando, nella forma e disposizione degli elettrodi presi in considerazione, a ciò che rappresenta

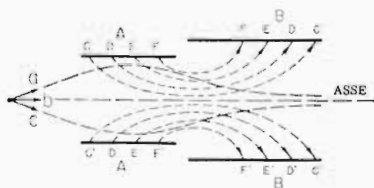



Fig. 13 - Tra due cilindri gli elettroni si muovono, come indicato dalle frecce, da quello a più basso potenziale (A) verso quello a potenziale più alto (B). Le lettere, a paio, indicano l'inizio e la fine di ciascuna linea di forza.

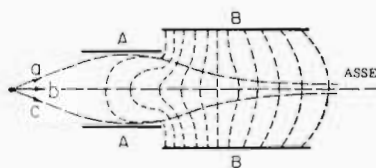



Fig. 14 - Linee equipotenziali e andamento degli elettroni risultanti da un campo elettrostatico esistente tra due cilindri cavi.

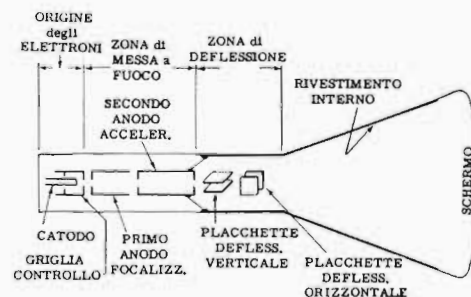



Fig. 15 - Elementi componenti un tubo a raggi catodici a deviazione elettrostatica, e zone delle diverse funzioni. Il cannone è composto da catodo, griglia, primo e secondo anodo.

la struttura di alcuni elettrodi del tubo a raggi catodici. L'ultimo esempio osservato si identifica nel principio mediante il quale, nei tubi moderni, si ottiene la messa a fuoco di un raggio catodico al fine di concentrare un elevato numero di elettroni in un unico punto luminoso sullo schermo fluorescente.

FORMAZIONE del RAGGIO CATODICO

Come si è detto, nei tubi moderni gli elettroni vengono emessi da un catodo incandescente, che può essere ad accensione diretta o indiretta, come nelle valvole termoioniche. Nella **figura 15** si nota la presenza dei vari elettrodi, tra cui anche la griglia di controllo, costituita da un tubetto chiuso e provvisto di foro; la sua azione è a noi già nota. Grazie, infatti, al potenziale negativo che le viene conferito rispetto al catodo, essa ha il potere di respingere in minima parte, o completamente, gli elettroni emessi dal catodo, a seconda che il suo potenziale sia zero o molto negativo. Gli elettroni che la attraversano vengono immediatamente attratti dal primo anodo cilindrico, e da questo accelerati. Successivamente, grazie alla differenza di potenziale esistente tra due anodi cilindrici, il fascio di elettroni in movimento viene fatto convergere in modo che assuma la sezione di un punto nell'istante in cui colpisce la superficie interna fluorescente del tubo. Le dimensioni di questo punto possono essere regolate — come vedremo nella prossima lezione — variando il potenziale relativo dei due anodi, mentre l'intensità luminosa può variare modificando il potenziale negativo della griglia.

LO SCHERMO FLUORESCENTE

L'effetto ottico del tubo a raggi catodici è dato — come sappiamo — dalla luminescenza di determinate sostanze (dette « fosforescenti ») in seguito all'urto da parte degli elettroni. Dette sostanze assorbono una certa quantità di energia cinetica, trasformandola in una specie di radiazione che, essendo di frequenza compresa nella gamma delle onde luminose, si traducono in luce. Allo scopo di favorire tale fenomeno, lo strato fluorescente viene reso più sensibile mediante l'aggiunta di impurità che prendono il nome di « attivatori », la cui natura determina, a sua volta, il colore della luce prodotta. Ad esempio, la sostanza fluorescente costituita dal solfuro di zinco dà una luce azzurra se attivata con argento, verde-blu se attivata con rame, e arancione se attivata con manganese.

La luce prodotta in tal modo può essere distinta in varie categorie: si ha la fluorescenza o **luminescenza** durante il periodo in cui essa viene emessa a causa del bombardamento degli elettroni, mentre la **fosforescenza** si verifica quando la luce continua a sussistere una volta cessata la causa diretta.

A questo proposito, è opportuno aggiungere che esistono tipi di schermi a *breve*, a *media* ed a *lunga persistenza*. La prima si riferisce ad una durata della luce, — una volta cessata l'esistenza del raggio catodico — compresa tra alcuni microsecondi e 1 millisecondo. La seconda si riferisce ad una durata compresa tra 1 millisecondo ed un massimo di 2 secondi; la terza eccede naturalmente tale valore.

Nella lezione 96ª vengono riportate alcune tabelle che forniscono dettagli più ampi sui vari materiali usati a tale scopo, e sulle caratteristiche che ne derivano al tubo. Tali informazioni sono utili, naturalmente, a chi non deve dedicarsi alla costruzione di tubi a raggi catodici, peraltro assai complessa, in quanto sono di valido aiuto agli effetti della perfetta comprensione dell'argomento attuale e di quelli che verranno trattati in futuro.

Una delle caratteristiche più salienti del tubo a raggi catodici consiste nella delicatezza dello strato fluorescente. L'emissione di luce dovuta all'urto degli elettroni deriva dalla trasformazione di una energia in altre energie, e precisamente in luce ed in calore. Entrambe sono più elevate quanto maggiore è l'intensità del raggio catodico incidente, ed appunto per questo motivo, in ogni apparecchio utilizzante un tubo a raggi catodici, si fa sempre in modo che il punto luminoso sia presente non in una posizione fissa, bensì in continuo movimento. Infatti, il calore prodotto dalla trasformazione di energia potrebbe, dopo un certo tempo, danneggiare lo strato fluorescente diminuendone il rendimento. E' perciò preferibile che, nel tempo, detto lavoro venga distribuito su una superficie invece che in un singolo punto.

L'IMPIEGO del TUBO A RAGGI CATODICI

ESAME della STRUTTURA di un MODERNO TUBO a RAGGI CATODICI

Abbiamo visto, alla lezione precedente, l'evoluzione costruttiva del tubo a raggi catodici: è opportuno che ora, prima di accingerci a studiarne l'impiego, esaminiamo un po' in dettaglio il tubo di moderna costruzione.

Alla **figura 1** è illustrata la struttura tipica del « cannone » elettronico di un tubo a raggi catodici a deviazione elettrostatica: l'assieme è detto anche « cannone a triodo ». Esso consiste in un catodo a riscaldamento indiretto avente una forma cilindrica, chiuso ad una delle estremità da una piastrina. Detta piastrina è rivestita da uno strato di ossido di bario e di stronzio che consente una intensa emissione di elettroni. Il catodo viene portato alla temperatura di funzionamento da un elemento riscaldante avvolto a treccia, contenuto nel cilindro catodico, e da esso isolato mediante uno strato di materiale ceramico. Intorno al catodo si trova un altro cilindro, munito di uno schermo nel quale è praticata una piccola apertura al centro. Il suo compito è quello di fungere da griglia di controllo. Il diametro dell'apertura praticata su tale « griglia » è inferiore a quello della superficie catodica emittente, e tra la griglia e la superficie del catodo vi è una distanza minima. Immediatamente di fronte alla griglia controllo si trova il primo anodo cilindrico (spesso denominato « anodo di messa a fuoco »). La sua posizione è coassiale e simmetrica rispetto alla griglia cilindrica: contiene diversi schermi, ciascuno dei quali è provvisto di foro al centro. All'uscita del primo anodo si trova il secondo — anch'esso cilindrico, e coassiale con i precedenti elettrodi — il quale è provvisto di due schermi forati al centro. Quest'ultimo anodo, detto « acceleratore », viene prolungato internamente al bulbo di vetro mediante l'applicazione sulla superficie interna di uno strato di materiale conduttore, che si estende dal bordo superiore dell'anodo stesso, fino quasi allo schermo. Il collegamento elettrico con detto strato avviene ad opera di una ranella a raggi, detta « ragno » o « centratore », i cui prolungamenti radiali appoggiano sullo strato assicurando il contatto grazie alla loro elasticità.

Rappresentazione schematica

Consideriamo ora la rappresentazione schematica del tubo elettrostatico a triodo illustrato alla **figura 2**. Il secondo anodo, o anodo acceleratore, *A2*, è polarizzato mediante un potenziale positivo fisso di qualche migliaio di volt. Il primo anodo invece, (di messa a fuoco), *A1*, funziona con un potenziale positivo pari a circa un terzo di quello del secondo. Il potenziale di questo elettrodo è reso variabile allo scopo di mutare l'intensità del campo elettrostatico che compie la funzione di « seconda lente di focalizzazione ». In tal modo è possibile controllare la messa a fuoco.

Il potenziale della griglia di controllo è sempre negativo rispetto al potenziale fisso di catodo; la tensione negativa applicata varia da 10 a 100 volt. Anch'essa è resa variabile onde consentire la regolazione dell'intensità del fascio elettronico che determina a sua volta l'intensità della traccia che appare sullo schermo. La griglia di controllo, unitamente al primo anodo, forma il campo elettrostatico che agisce da prima lente di concentrazione.

Caratteristiche fisiche

L'involucro di vetro del tubo a raggi catodici elettrostatico ha una forma conica, con un lungo collo tubolare, nel quale viene installato il citato cannone elettronico. Lo schermo fluorescente è depositato sulla superficie interna della faccia più ampia del cono. A causa delle alte tensioni impiegate per il funzionamento, all'interno del tubo deve essere praticato il vuoto ad alto grado. Considerando la notevole superficie dello schermo, e l'alto vuoto, il dispositivo risulta, in un certo senso, pericoloso da maneggiare. Qualsiasi cedimento dell'involucro che possa essere causato da un urto o da un graffio può dar luogo ad una intensa implosione (scoppio verso l'interno), la cui conseguenza si manifesta con l'emissione, in un raggio relativamente ampio, di schegge di vetro e di frammenti dello schermo.

Le precauzioni più comuni da adottare, se si devono maneggiare spesso dispositivi del genere, consistono nel portare guanti pesanti ed occhiali antischegge, nonchè, logicamente, nel prestare la massima attenzione ad ogni manovra.

Il rivestimento interno di grafite polverizzata compie diverse funzioni: oltre, infatti, ad agire da prolungamento del secondo anodo, come abbiamo visto, ed a raccogliere gli elettroni presenti nel bulbo a causa dell'emissione secondaria da parte dello schermo, esso agisce da schermo elettrico ed ottico. L'effetto di schermatura elettrica intorno al raggio elettronico riduce notevolmente l'influenza dei campi elettrostatici ester-

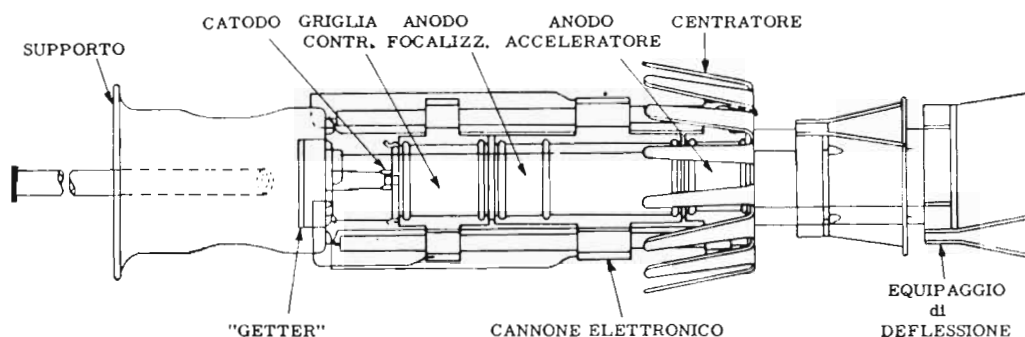



Fig. 1 - Struttura di un completo cannone elettronico a triodo, e assieme delle due paia di placchette di deflessione.

ni, evitando così deviazioni e indesiderate sfuocature: si ha azione di schermatura ottica in quanto, essendo detto rivestimento nero ed opaco, impedisce alla luce di entrare dalla parte posteriore dello schermo ed illuminare l'immagine che vi appare. Questo fatto evita che le infiltrazioni di luce diminuiscano il contrasto, rendendo l'immagine meno nitida.

Il diametro dello schermo fluorescente dei tubi elettrostatici a raggi catodici varia da 1 pollice (25,4 mm), ad oltre 20 pollici (50,8 cm): le misure più usate sono però 3 pollici (cm 7,6), 5 pollici (cm 12,7) e 7 pollici (cm 17,8). Precisiamo, a tale proposito, che, sebbene sia possibile e facile esprimere il diametro secondo il sistema metrico decimale, è frequente consuetudine citare le misure in pollici.

La sigla che contraddistingue il tipo di tubo nella produzione americana, consente di ricavare varie informazioni sul tubo e sulle sue caratteristiche. In linea di massima, infatti, il primo numero indica il diametro in pollici, la prima lettera indica l'ordine progressivo dei modelli di quel diametro, e l'ultima lettera facente parte della sigla, indica invece il tipo di sostanza fosforescente deposta sullo schermo.

Ad esempio, la sigla 5BP1 indica che il tubo ha uno schermo del diametro di 5 pollici, è il secondo in ordine di registrazione (B = seconda lettera dell'alfabeto), e che il fosforo dello schermo è del tipo P1, il quale si illumina con luce verde ed offre una persistenza media (vedi tabella 84).

Come vedremo meglio in seguito, alcune fabbriche europee preferiscono invece controddistinguere i tubi anteponendo le lettere che distinguono la serie di produzione, seguite dalla iniziale *G* (Green = verde), oppure *B* (Blue = Blu) *O* (Orange = arancio) ecc. che definisce il colore della traccia. Per ultimo viene il numero che indica il diametro dello schermo, a volte in pollici ed a volte in centimetri, e l'indice di persistenza della traccia.

I collegamenti agli elettrodi avvengono mediante uno zoccolo a contatti multipli, come nelle valvole normali, con la sola differenza che vengono presi provvedimenti nella spaziatura tra i piedini e nella scelta del materiale, onde evitare scariche dovute alle forti tensioni. Nei casi in cui il secondo anodo debba funzionare con tensioni molto elevate, si preferisce installare il contatto relativo direttamente sul bulbo di vetro.

I perfezionamenti apportati a questo tipo di tubo ne hanno consentito varie modifiche, come ad esempio lo costruzione del tubo a tetrodo, e del tubo funzionante con corrente zero sul primo anodo. Nel primo tipo, detto anche « con preacceleratore » o con griglia « schermo », viene aggiunto un altro elettrodo tra la griglia controllo ed il primo anodo. Questo elettrodo, o seconda griglia, funziona con la medesima tensione del secondo anodo e consente un gran numero di vantaggi nel funzionamento. Tra essi sono da annoverarsi la maggiore accelerazione degli elettroni, una maggiore concentrazione del fascio elettronico con riduzione del suo diametro, per cui il punto che si forma sullo schermo risulta più piccolo e più brillante, e l'eliminazione della influenza reciproca presente tra la griglia controllo ed il primo anodo.

Uno dei più importanti inconvenienti di questo tipo di tubo consiste, invece, nell'eccessivo assorbimento di corrente da parte del primo anodo. Ciò può essere evitato adottando il cannone elettronico detto a « corrente zero nel primo anodo ». In questo caso si ha una completa rivalutazione della lunghezza e della distanza tra i vari elettrodi, e diversi schermi diffusori vengono eliminati. In tal modo si giunge alla costruzione di un cannone elettronico che presenta tutti i vantaggi del tipo a tetrodo, oltre a quello di un assorbimento trascurabile di corrente da parte del primo anodo.

Nel caso che si presenti la necessità di osservare contemporaneamente due o più fenomeni che avvengono in circuiti diversi, si può ricorrere all'uso di uno speciale tipo di tubo dotato di più cannoni elettronici.

Qualunque sia il numero delle tracce, i « cannoni elettronici » che le determinano vengono installati fianco a fianco nel collo di un unico tubo, ed i vari punti di convergenza dei singoli raggi dipendono dall'orientamento delle sorgenti relative. Esse, infatti, possono essere orientate in modo che le tracce si producano nella medesima zona dello schermo, sovrapponendosi, in maniera che siano spostate tanto quanto basta affinchè l'operatore possa osservarle simultaneamente.

La MESSA a FUOCO ELETTROSTATICA

Il sistema tipico adottato quasi universalmente, è quello a « doppia lente » illustrato alla **figura 3.** Il campo elettrostatico presente tra la griglia controllo

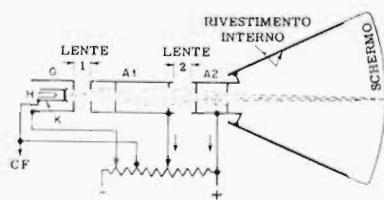



Fig 2 - Rappresentazione schematica di un tubo nella quale è posto in evidenza il cannone elettronico, ma, sopratutto la disposizione delle due lenti, quella di concentrazione (G - A1) e quella di focalizzazione (A1 - A2).

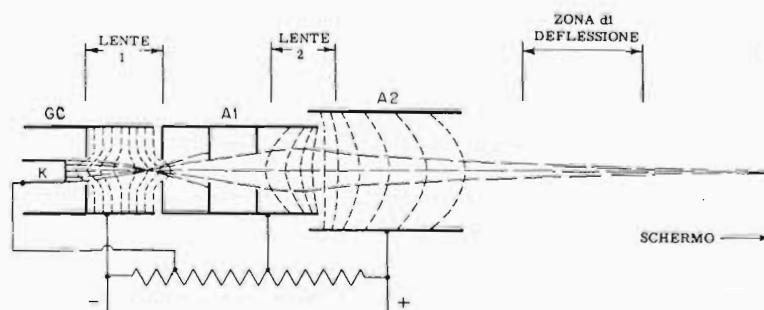



Fig. 3 - Analisi del sistema di messa a fuoco elettrostatica in un tubo. I due assieme di linee equipotenziali che formano le lenti corrispondono, come si vede, alle figure 12 e 14 della lezione precedente.

ed il primo anodo può essere considerato come prima lente, grazie all'analogia con un sistema ottico nei confronti di un raggio di luce. Compito di detta lente è di focalizzare il fascio di elettroni che, attraverso l'apertura della griglia, passa in un punto di convergenza di minimo diametro. Dal momento che detto punto viene proiettato sullo schermo, è opportuno che le sue dimensioni siano quanto più ridotte possibile.

La seconda lente consiste in un campo elettrostatico che si determina tra l'anodo focalizzatore (primo) e l'anodo acceleratore (secondo). Esso agisce sui raggi elettronici divergenti in modo tale da correggere la loro direzione di moto e da farli convergere sullo schermo. Oltre a ciò, diversi schermi diffusori presenti nella struttura della griglia controllo e del primo anodo fanno da schermo nei confronti degli elettroni circostanti il raggio utile: in tal modo, si verifica la presenza di un unico fascio, la cui sezione ha un contorno sempre più definito ed un diametro sempre minore, man mano che si approssima allo schermo, sul quale viene reso visibile il punto luminoso.

Se si varia la tensione di polarizzazione della griglia di controllo, si ha, per conseguenza, uno spostamento del primo punto di convergenza ed una variazione conforme della superficie. Inoltre, se si varia la tensione applicata al secondo anodo, si ha un fenomeno analogo, ed in più, lo spostamento del secondo punto di convergenza.

I fenomeni ora descritti presentano — come si è detto — una notevole analogia col procedimento ottico mediante il quale un raggio di luce viene concentrato in un unico punto su una superficie, (vedi **figura 4**). In questo caso il risultato viene conseguito mediante l'impiego di due lenti di vetro e di vari schermi opachi provvisti di un foro centrale.

Controllo di griglia e di anodo

La griglia di controllo di un tubo a raggi catodici funziona con un potenziale negativo rispetto al catodo. Consideriamo le linee equipotenziali che sussistono tra detta griglia ed il primo anodo in due diverse condizioni di funzionamento: supponiamo, ad esempio, che la griglia assuma i due potenziali di 0 volt e di —30 volt (**figura 5**). Con una tensione pari a zero, la zona interposta tra il catodo e l'apertura della griglia ha un potenziale positivo. In tali condizioni, la parte della superficie del catodo che emette elettroni corrisponde ad una proiezione della superficie presente sull'apertura della griglia. Attraverso quest'ultima si ha, quindi, il massimo passaggio di elettroni, il che determina la massima intensità del raggio catodico. Se il potenziale di griglia ammonta invece a —30 volt, gli elettroni vengono emessi soltanto da una piccola parte della superficie del catodo, posta al centro, mentre il resto della superficie stessa ne viene impedito in quanto il potenziale negativo aumenta le linee negative equipotenziali, aumentando nel contempo la carica spaziale presente in prossimità del catodo stesso. In simili condizioni, l'intensità del raggio diminuisce. Se la griglia viene polarizzata con un potenziale sufficientemente negativo, la corrente del raggio può venire completamente interdetta, per cui non si ha più la produzione di alcuna traccia luminosa sullo schermo.

Oltre a questa conseguenza, la forma del campo influenza il percorso degli elettroni in modo da alterare la posizione del punto di convergenza e le sue dimensioni.

Sebbene la griglia controllo agisca sulla messa a fuoco del raggio, il suo compito più importante consiste nel variare **l'intensità luminosa** della traccia che si produce sullo schermo, variando l'intensità del raggio che la determina.

Il controllo di intensità, ossia « di luminosità », presente nella maggior parte degli apparecchi basati sull'impiego del tubo, consente all'operatore di variare la luminosità dell'immagine entro limiti compresi tra zero ed il massimo consentito dalle caratteristiche del tubo impiegato. Detto controllo consta di un potenziometro che fornisce alla griglia una tensione variabile con continuità e negativa rispetto al catodo. Spesso, tra catodo e griglia, viene applicata una tensione *segnale*, ed il risultato è che l'intensità della traccia luminosa varia conformemente al segnale applicato. Tale processo è noto come « modulazione di intensità », ed ha applicazione pratica nella televisione, negli impianti radar, ecc.

Anche la tensione di polarizzazione del primo anodo è variabile mediante un potenziometro, denominato **controllo del fuoco**, o più comunemente **fuoco.**

Questo controllo varia l'intensità del campo presente

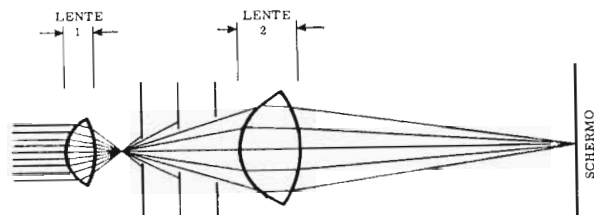



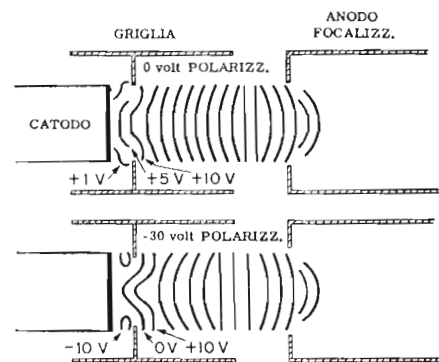
Fig. 4 - Equivalente ottico di un sistema di messa a fuoco elettrostatica, nel quale si ha l'impiego di lenti in cristallo e schermi opachi.

Fig. 5 Andamento delle linee equipotenziali con griglia a 0 volt ed a —30 volt rispetto al catodo.

tra il primo ed il secondo anodo, campo elettrostatico che costituisce la lente di focalizzazione principale. Esso determina, infatti, la posizione del secondo punto di convergenza in concomitanza col primo punto. Sebbene il campo di cui sopra possa variare di intensità variando la tensione positiva applicata al secondo anodo, a tale sistema non si ricorre in quanto determinerebbe anche una variazione dell'accelerazione degli elettroni, e richiederebbe l'inserimento dei relativi controlli in circuiti ad alta tensione, con conseguente necessità di accurato isolamento degli organi, ecc. E' anche opportuno rilevare che qualsiasi variazione della tensione dell'anodo focalizzatore si ripercuote sul campo elettrostatico presente tra l'anodo stesso e la griglia, per cui una variazione del controllo di fuoco può rendere necessario ritoccare il controllo dell'intensità (luminosità), e viceversa.

Anodo intensificatore

Alcuni tipi di tubi a raggi catodici elettrostatici impiegano uno o più anodi detti « intensificatori », costituiti da altrettanti rivestimenti di materiale conduttore depositati sulla superficie interna del bulbo, disposti in fasce ed isolati tra loro (**figura 6**). Il compito di questi ultimi è di aumentare la luminosità della traccia. Nei casi di osservazione alla luce del giorno, o di proiezione ottica dell'immagine, la traccia deve avere un alto grado di luminosità. Un metodo relativamente semplice per ottenere una luminosità sufficiente a tale scopo consiste nell'aumentare la ampiezza della tensione di accelerazione: in tal modo, aumenta la velocità degli elettroni, il che consente di ricavare una notevole quantità di energia che viene poi convertita in luce ad opera dello schermo.

Se si applica al secondo anodo una maggiore tensione di accelerazione, l'aumento di velocità si verifica prima della deflessione causata dalle apposite placchette. Di conseguenza, gli elettroni in tal modo accelerati, impiegano un tempo molto minore ad attraversare il campo di deflessione, e la tensione che normalmente la determina in maniera sufficiente viene ad avere, data l'accelerazione, minore efficacia. Un sistema più soddisfacente consiste invece nell'impiego di alti potenziali di accelerazione — con la conseguenza di un notevole aumento della velocità degli elettroni — però, dopo avvenuta la deflessione. L'anodo intensificatore è l'elemento al quale viene applicato l'alto potenziale necessario allo scopo.

DIMENSIONI del PUNTO LUMINOSO

Allo scopo di determinare sullo schermo la presenza di una traccia sottile e ben definita, è indispensabile che il punto luminoso sia molto piccolo. Sebbene in prossimità del centro dello schermo sia facile ottenere un punto avente tali caratteristiche, esso tuttavia tende ad aumentare di superficie diminuendo nel contempo di intensità, man mano che si sposta verso la periferia. Tale fenomeno è dovuto ad una differenza tra il raggio di curvatura dello schermo e la lunghezza del raggio catodico, fino al punto di massimo fuoco. In periferia infatti, il raggio colpisce lo schermo non nel punto in cui la sezione è minima, bensì al di quà o al di là, a seconda di dove cade il suo punto di convergenza.

Anche il sistema di deflessione tende a sfuocare il punto nelle zone periferiche dello schermo, e — in linea di massima — le dimensioni di quest'ultimo aumentano allorchè l'intensità è maggiore e l'accelerazione è minore. Le dimensioni del punto, infine, dipendono anche dalle caratteristiche intrinseche del cannone, le quali, a loro volta, sono in riferimento allo scopo per il quale l'intero tubo è stato progettato. Normalmente, i tubi provvisti di grande schermo dànno un punto di dimensioni leggermente maggiori: ad esempio, un tubo elettrostatico da 3 pollici (7,5 cm circa), può dare un punto del diametro di 0,07 mm, mentre un tubo da 12 pollici (30 cm circa), dà normalmente un punto del diametro minimo di 0,09 millimetri.

La DEFLESSIONE ELETTROSTATICA

Supponiamo che un elettrone, o meglio ancora, una corrente di elettroni, venga spinta in un campo elettrostatico esistente tra due placche parallele e polarizzate. La corrente in questione verrà a trovarsi, in tal caso, sotto l'influenza di una forza perpendicolare alla sua direzione originale.

Il vettore *V1* rappresenta, in **figura 7**, la velocità

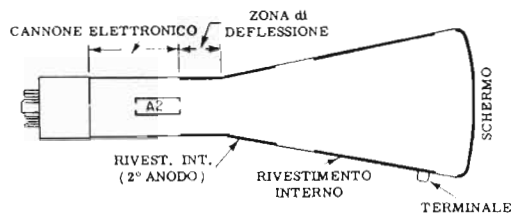



Fig. 6 - Per aumentare la luminosità della traccia in alcuni tubi si ha la presenza di un anodo intensificatore: nel tipo illustrato (5LP1A) si può vedere, oltre al secondo anodo, anche l'anodo intensificatore, entrambi sotto forma di rivestimento interno,

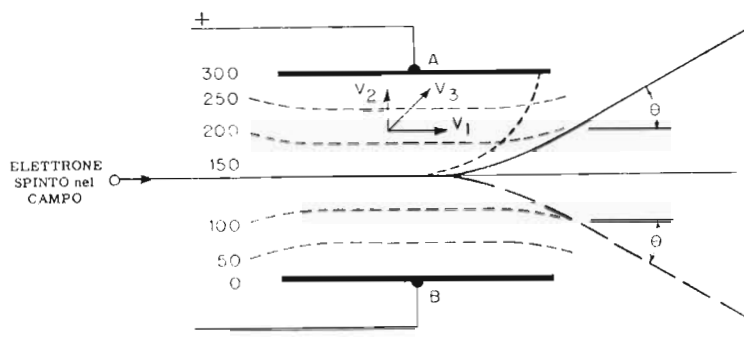



Fig. 7 - Deflessione di elettroni tra due placche parallele e rappresentazione vettoriale delle velocità, iniziale (V1) accelerata (V2), e risultante (V3).

iniziale di ogni singolo elettrone. Il campo elettrostatico al quale esso è sottoposto determina una accelerazione nella direzione del campo stesso, per cui fa in modo che si sposti lungo una traiettoria parabolica curva verso l'elettrodo positivo. Il vettore *V2* rappresenta la velocità verso tale elettrodo, acquistata da ogni elettrone in ogni istante. La velocità risultante è evidentemente il vettore *V3*, somma dei vettori *V1* e *V2*. Se la direzione del campo elettrostatico si inverte, ossia se viene invertita la polarità delle due placchette deflettrici, anche la direzione del movimento subisce la medesima inversione.

E' importante notare che le placchette montate orizzontalmente determinano una deviazione verticale, per cui vengono chiamate *placchette di deviazione verticale*. Se si monta una seconda coppia di placchette, parallele tra loro e ad angolo retto rispetto alle prime, è possibile determinare invece una deflessione orizzontale, per cui le placchette montate verticalmente vengono definite *placchette di deviazione orizzontale*, (**figura 8**).

Entrambe le coppie di placchette vengono installate nel collo del tubo, immediatamente al di sopra dell'anodo acceleratore, e vengono normalmente abbinate alla costruzione del cannone allo scopo di semplificare la fabbricazione. Spesso, esse vengono piegate in modo da offrire una specie di svasatura, onde consentire ampi angoli di deflessione senza che il raggio elettronico urti contro i bordi. Per semplificare la rappresentazione grafica e l'analisi dei circuiti relativi all'impiego del tubo, è pratica comune definire le placchette più prossime allo schermo con le sigle *D1* e *D2*, utilizzandole per la deflessione orizzontale, mentre quelle più prossime al secondo anodo vengono definite *D3* e *D4*, ed utilizzate per la deflessione verticale.

COMPORTAMENTO della TRACCIA oltre il CAMPO

La direzione del raggio catodico, una volta superato il campo deflettente, è diritta e tangente alla direzione seguita dagli elettroni nel punto esatto in cui il campo cessa di essere presente. I corpi in movimento tendono, per il ben noto principio di inerzia, a mantenere una direzione rettilinea, a meno che non intervenga una forza esterna che provochi una deviazione. Non appena gli elettroni sono usciti dalla zona di influenza del campo deflettente, la forza componente trasversale o perpendicolare scompare, per cui l'elettrone prosegue senza alcun altro impedimento fino a raggiungere lo schermo.

L'ANGOLO di DEFLESSIONE

Per angolo di deflessione si intende l'angolo che si forma tra il raggio catodico allorchè esso esce dal campo deflettente ed una linea parallela all'asse del tubo. Per una data intensità di campo, quest'angolo è direttamente proporzionale alla lunghezza del campo deflettente, il quale è a sua volta determinato dalla lunghezza delle placchette relative. Più lungo è il campo, maggiore è il tempo durante il quale esso può influenzare il raggio determinandone la deviazione. Oltre a ciò, minore è la distanza tra le placchette di deflessione, maggiore è l'intensità del campo determinato da una data tensione, e maggiore è, di conseguenza, l'angolo di deflessione. Detto angolo può ancora variare modificando la differenza di potenziale presente tra ogni coppia di placchette: in tali condizioni, l'intensità della forza trasversale varia, per cui l'effetto si ripercuote sulla deflessione. Per ultimo, l'angolo di deflessione può essere aumentato diminuendo la tensione di accelerazione: in tal modo infatti, si riduce la velocità degli elettroni, per cui essi possono impiegare un tempo più lungo ad attraversare il campo di deflessione. Quest'ultimo, di conseguenza, avrà un effetto più intenso.

SENSIBILITA' di DEFLESSIONE

La **sensibilità di deflessione** di un tubo a raggi catodici è una costante che indica quale è lo spostamento del punto sullo schermo (in pollici, in centimetri, o in millimetri), corrispondenti ad ogni volt di differenza di potenziale presente tra le placchette deflettrici. Ad esempio, nella tabella che elenca le caratteristiche di un tipo di tubo, si può leggere che la sensibilità di deflessione ammonta a 0,2 mm per volt c.c. Ciò significa che, allorchè il tubo è posto nelle sue normali condizioni di funzionamento, ogni volt a corrente continua presente tra le placchette deflettrici determina uno spostamento del punto luminoso di 0,2 mm dalla sua posizione normale in assenza di deflessione.

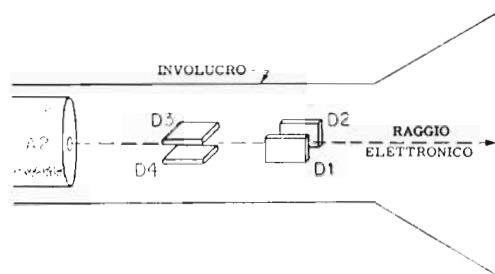



Fig. 8 - Posizione delle placchette di deflessione all'interno di un tubo. D1 e D2 sono quelle di deflessione orizzontale e D3 - D4 quelle per la deflessione verticale.

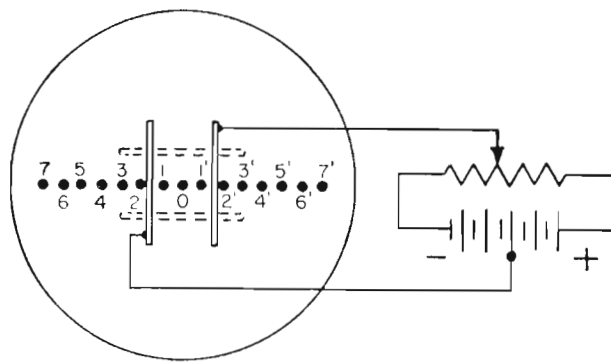
Fig. 9 - Movimento orizzontale del punto luminoso dal centro a sinistra ed a destra, ottenuto con variazioni del potenziometro.

La sensibilità di deflessione è direttamente proporzionale alla lunghezza delle placchette deflettrici ed alla distanza tra esse e lo schermo. E', inoltre, inversamente proporzionale alla distanza tra le placchette stesse e l'anodo di accelerazione.

FATTORE di DEFLESSIONE

Il **fattore di deflessione** indica la tensione necessaria tra una coppia di placchette per determinare uno spostamento unitario del punto sullo schermo, e costituisce il valore *reciproco della sensibilità* di deflessione. Esso viene espresso in funzione di un certo numero di volt c.c. per centimetro (o pollice) di spostamento del punto. Ad esempio, nel tubo precedentemente citato, avente una sensibilità di deflessione pari a 0,2 mm per volt, il fattore di deflessione è di 50 volt per centimetro (mm 100:0,2 = 50). A volte si esprime il fattore di deflessione anche in funzione della tensione del secondo anodo; in altre parole, il fattore di deflessione viene espresso in base allo spostamento del punto relativo ad ogni chilovolt applicato a detto anodo. Si può dire, ad esempio, « 60 volt c.c. per pollice/chilovolt sul secondo anodo ». Se a quest'ultimo si applica una tensione di 1 chilovolt, il fattore ammonta a 60 volt per pollice (24 volt/cm), mentre con una tensione di 2 chilovolt, il fattore aumenta a 120 volt/pollice, pari a 48 volt/cm.

DEFLESSIONE RADIALE

Nei casi in cui si desidera ottenere una deflessione radiale, si ricorre ad un sistema insolito di deflessione elettrostatica. La deflessione radiale fa in modo che il raggio elettronico si sposti allontanandosi o avvicinandosi al centro dello schermo, e viene ottenuta installando in corrispondenza del centro stesso un sottile bastoncino di metallo. Quest'ultimo coincide con l'asse del tubo e si estende per diversi centimetri all'interno dell'involucro. Allorchè il bastoncino è polarizzato *negativamente*, il campo radiale che esso determina nei confronti del secondo anodo (ossia col rivestimento interno che lo prolunga), determina una deflessione radiale *a partire dal centro*. Viceversa, detta deflessione avviene *verso il centro* se il potenziale applicato è *positivo*, ossia se l'elettrodo citato ha una tensione positiva maggiore di quella del secondo anodo.

SVILUPPO della TRACCIA LINEARE

Un tipo di deflessione tra i più importanti è quello che determina una traccia lineare, o, per meglio dire, l'immagine prodotta da un punto che si muove con velocità uniforme. Il punto luminoso quindi, nel caso in esame, percorre eguali distanze in eguali periodi di tempo.

Un punto che si sposti, ad esempio, attraverso uno schermo di 15.5 cm in modo tale da coprire una distanza costante di 2.5 cm in ogni secondo di tempo, si muove, evidentemente, con velocità uniforme; la traccia che il punto in movimento produce è una traccia lineare. La traccia lineare è importante in quanto rappresenta un semplice metodo per misure di tempo su un tubo a raggi catodici.

Se è noto che il punto ha la sua posizione base (vale a dire la posizione di partenza) alla estrema sinistra di uno schermo da 12.5, ad un certo istante, e se esso si sposta orizzontalmente attraverso lo schermo con una velocità uniforme di 2.5 cm al secondo, è evidente che, quando il punto si trova al centro esatto dello schermo è trascorso un intervallo di tempo di 2½ secondi. Quando il punto si è spostato di quattro quinti dell'intera distanza attraverso lo schermo, è invece trascorso un tempo pari a 4 secondi. In tal modo si è determinata una **base del tempo**. Detta base del tempo può essere tracciata in qualsiasi direzione, tuttavia è pratica comune tracciarla orizzontalmente.

Come vedremo meglio tra breve, la traccia lineare è particolarmente utile quando si impiega un tubo a raggi catodici per produrre un grafico o l'immagine di una determinata quantità variabile riferita al suo andamento rispetto al tempo.

Per far sì che il punto si sposti nel modo sopra descritto, si può ricorrere all'uso di un dispositivo costituito da un potenziometro e da una sorgente di tensione, come è illustrato a **figura 9**. Quando il cursore del potenziometro si trova nella sua posizione centrale, ossia nel punto neutro come differenza di potenziale presente ai suoi capi, entrambe le placchette de-

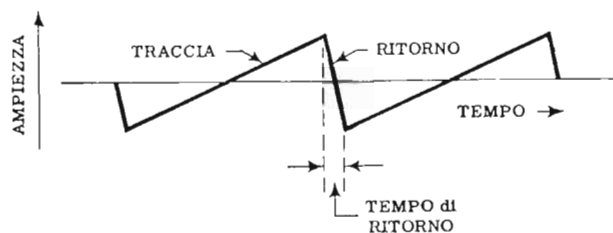



Fig. 10 - Ecco, ancora, la classica forma del segnale a dente di sega, segnale che riveste grande importanza e che trova ampia applicazione nell'uso del tubo a raggi catodici. Si ha un andamento lineare e graduale per un certo tempo (salita) ed una brusca inversione (ritorno della traccia al punto di partenza).

flettrici orizzontali hanno il medesimo potenziale. Non essendovi tra loro alcuna d.d.p., non si verifica deflessione, per cui il punto resta fermo nella posizione centrale (0). Se invece, il cursore viene spostato rapidamente verso sinistra, la placchetta di destra diventa più negativa, ed il punto si sposta verso sinistra (dalla posizione 0 alla posizione 7). Se, a questo punto, il cursore viene spostato *lentamente*, e con velocità uniforme, dalla posizione di estrema sinistra a quella di estrema destra, la tensione presente sulla placchetta deflettrice di destra varia gradatamente dal massimo negativo al massimo positivo — passando attraverso lo zero — nei confronti del potenziale fisso applicato all'altra placchetta. Tale provvedimento fa sì che il punto luminoso si sposti lentamente ed uniformemente attraverso lo schermo dalla posizione 7 alla posizione 7'

Se, infine, il cursore viene spostato velocemente in senso opposto fino alla posizione centrale, il punto segue a ritroso il cammino percorso e ritorna dal punto 7' al punto 0. Ripetendo tale procedura periodicamente, si ottiene che il punto si muove sempre lentamente attraverso lo schermo da sinistra a destra e quindi, ogni volta, giunto all'estremità di destra, rapidamente torna indietro.

Se si fa in modo che lo spostamento avvenga con sufficiente rapidità, la persistenza dell'immagine sullo schermo e l'inerzia della retina dell'occhio umano si combinano, e dànno l'illusione di vedere una linea luminosa retta e continua. Questa linea di luce può presentare qualche intermittenza o variazione se la frequenza delle escursioni è dell'ordine dalle 15 alle 25 volte al secondo, ma con l'aumentare della velocità l'inconveniente diminuisce fino a scomparire del tutto.

Poichè, in pratica, si richiedono al punto degli spostamenti rapidissimi, il sistema meccanico ora descritto non si presta allo scopo. In sostituzione, un sistema molto più pratico e vantaggioso è costituito da un circuito espressamente progettato, il quale determina delle oscillazioni caratterizzate da un aumento lento ed uniforme della tensione fino ad una certa ampiezza, raggiunta la quale si ha una rapida caduta della stessa. Si tratta di un circuito oscillatore che determina un segnale la cui forma, illustrata in **figura 10**, ne giustifica il nome: un tale segnale si chiama infatti «a dente di sega» ed è a noi già ben noto perchè rientra nelle forme d'onda non sinusoidale esaminate nella loro formazione e nei circuiti atti a generarle alle lezioni 91ª e 92ª.

DEFLESSIONE BIDIREZIONALE

Risultante di due forze

Qualsiasi forza che agisca entro un sistema ha una ampiezza ed una direzione definita; si dice in tal caso che una forza è una «grandezza vettoriale». Come abbiamo visto in altre occasioni, essa può essere rappresentata da una freccia la cui lunghezza rappresenta l'intensità, e la cui direzione indica la direzione in cui essa agisce. La somma di più forze diventa pertanto un semplice problema di rappresentazione grafica, come illustrato alla **figura 11**.

Se due forze agiscono nella medesima direzione, la forza totale risultante non è altro che la somma delle due ampiezze individuali. Se invece esse agiscono in direzioni opposte, la forza totale risultante non è che la loro differenza. In ogni caso, la direzione della forza risultante coincide con quella della maggiore delle due.

Ad esempio, se due forze, una di 3 kg e l'altra di 4 agiscono su di un oggetto nel medesimo senso, quest'ultimo subirà una forza di 7 kg nella medesima direzione. Viceversa, se dette forze agiscono in senso opposto, l'oggetto subirà una forza di 1 kg avente la medesima direzione della forza originale di 4 kg.

Allorchè due forze agiscono ad angolo retto tra loro, la forza risultante è determinata dalle ampiezze relative. Essa può agire in qualsiasi direzione compresa tra quella della prima e quella della seconda, attraverso un angolo di 90°. Infine, l'intensità della risultante può avere qualsiasi valore compreso tra l'ampiezza della forza maggiore e 1,414 volte tale valore, (vedi **figura 12**).

DEFLESSIONE ELETTROSTATICA BIDIREZIONALE

Allorchè si applica una tensione alle *placchette di deflessione orizzontale*, si determina — come ben sappiamo — un campo elettrostatico, il quale esercita una forza orizzontale sul raggio di elettroni. Il fatto che

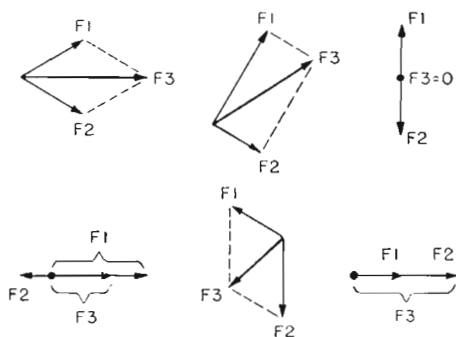



Fig. 11 - Rappresentazione vettoriale di due forze, F1 ed F2, presentanti ampiezze diverse ed operanti in diverse direzioni. La forza risultante è sempre F3.

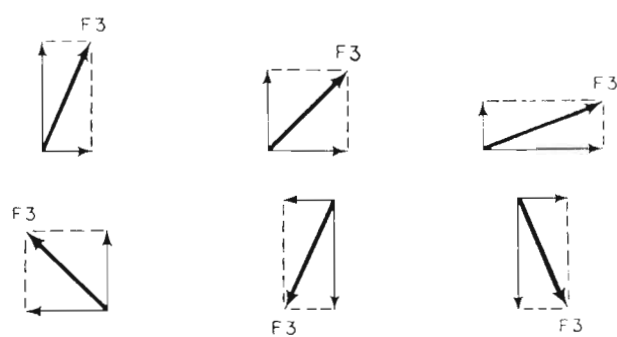



Fig. 12 - Rappresentazione vettoriale di due forze agenti ad angolo retto. Anche qui F3 è la risultante.

quest'ultimo si sposti verso destra o verso sinistra è determinato dalla direzione del campo. Come abbiamo visto, infatti, se la placchetta sinistra è positiva rispetto alla destra, la deflessione si verifica verso sinistra, e viceversa.

L'ammontare della deflessione è determinato dalla intensità del campo deflettente, la quale è a sua volta determinata dalla d.d.p. presente tra le placchette.

Allorchè si applica una tensione tra le *placchette deflettrici verticali*, si determina un secondo campo elettrostatico, il quale esercita anch'esso una forza sul raggio di elettroni. Tale forza si espleta però in senso verticale, ed il fatto che la deflessione avvenga verso l'alto o verso il basso dipende ancora dalla direzione del campo relativo, la quale — a sua volta — dipende dalla polarità della tensione applicata. L'ammontare della deflessione dipende invece dalla intensità del campo stesso.

Le due forze ora citate, che agiscono sul raggio di elettroni, sono, evidentemente, ad angolo retto tra loro, e la posizione risultante del punto luminoso sullo schermo è in strettissima relazione con la risultante delle due forze applicate. Se le due forze applicate sono di ampiezza tale da determinare una deflessione eguale, il raggio viene deflesso con un agnolo che lo porta a metà strada tra la posizione orizzontale e quella verticale, ossia a 45°. Se le due forze agiscono rispettivamente verso l'alto e verso destra, la deflessione diagonale risultante è a 45° verso il settore superiore destro dello schermo. Diversamente, due forze agenti rispettivamente verso l'alto e verso sinistra dànno una deflessione del raggio nel settore superiore sinistro, sempre a 45°, purchè esse determinino la medesima deflessione individuale.

Parimenti, se dette forze agiscono in basso e verso sinistra o in basso e verso destra, la deflessione avrà luogo nel settore inferiore rispettivamente sinistro o destro.

Se invece, l'ammontare della deflessione individuale non è il medesimo, il comportamento è identico a quello ora analizzato, con l'unica differenza che l'inclinazione della traccia non è più di 45°, bensì variabile a seconda delle relazioni tra le due ampiezze dei campi interessati.

Da quanto ora visto appare evidente che la deflessione di un raggio di elettroni per via elettrostatica può avere luogo in qualsiasi direzione. Il punto luminoso presente sullo schermo può essere spostato in qualsiasi parte dello schermo stesso, e ciò può essere effettuato mediante la combinazione di due diverse tensioni variabili che vengono applicate rispettivamente ad ognuna delle placchette deflettrici.

Supponiamo, ad esempio, che si voglia ottenere sullo schermo una figura rappresentante il ciclo di una tensione sinusoidale. Il metodo più comune per rappresentare un'onda sinusoidale è quello grafico. Sull'asse verticale si indica l'ampiezza della tensione, e sull'asse orizzontale si indica il tempo. Questa rappresentazione del valore istantaneo della tensione in funzione del tempo, dà luogo, alla ben nota figura. Se il raggio catodico viene deflesso verticalmente in modo proporzionale all'ampiezza del segnale che deve venire rappresentato, si ottiene sullo schermo una linea verticale. Ciò perchè la traccia si muove verso l'alto durante le alternanze positive e verso il basso durante quelle negative.

Se, però, contemporaneamente, si fa in modo che il raggio catodico si muova anche in senso orizzontale, con velocità uniforme, si ottiene la figura desiderata. Essa viene prodotta quindi contemporaneamente, dalla forza che produce la deflessione verticale, (ampiezza del segnale) e da quella che produce la deflessione orizzontale (base dei tempi lineare).

Tutti gli argomenti fin qui considerati in merito al tubo a raggi catodici a deviazione elettrostatica hanno avuto il solo scopo di chiarirne i principi costruttivi e di impiego, indipendentemente dalle applicazioni pratiche che hanno reso tale dispositivo realmente prezioso agli effetti delle varie indagini che il tecnico deve spesso compiere nell'analisi dei circuiti elettronici.

Si è infatti detto — a suo tempo — che le caratteristiche di funzionamento del tubo a raggi catodici non dipendono soltanto dalle caratteristiche funzionali del tubo stesso, bensì — ed in massima parte — dalle caratteristiche dei circuiti associati. Oggetto delle prossime lezioni sarà lo studio dei vari circuiti con cui è possibile disporre di speciali segnali che, applicati alle placchette di deflessione orizzontale, consentono di esaminare dettagliatamente la forma d'onda, l'ampiezza e la frequenza di altri segnali applicati invece alle placchette di deflessione verticale.

DOMANDE sulle LEZIONI 94ª e 95ª

N. 1 —
Quale è la differenza principale tra il tubo di Braun e il tubo di Johnson? Quale è il vantaggio del secondo rispetto al primo?

N. 2 —
Quale è il movimento che un elettrone tende ad assumere rispetto ad una forza elettrostatica, e rispetto alle linee equipotenziali?

N. 3 —
Quale è la caratteristica della forza subita da un elettrone immerso in un punto qualsiasi di un campo elettrostatico?

N. 4 —
In qual modo è possibile deviare un raggio elettronico?

N. 5 —
Quali sono i fenomeni fisici che consentono la messa a fuoco del punto luminoso, ed il suo spostamento sullo schermo?

N. 6 —
In quale modo è possibile variare l'intensità di un raggio catodico, e quindi la luminosità del punto sullo schermo?

N. 7 —
In quale modo viene effettuata la messa a fuoco?

N. 8 —
Quale è la caratteristica dei « fosfori » che ha consentito la realizzazione del tubo a raggi catodici?

N. 9 —
Da cosa viene determinato il colore della luce prodotta da uno schermo fluorescente?

N. 10 —
Quali sono gli elettrodi presenti nel cannone elettronico di un tubo a triodo?

N. 11 —
Quali sono gli elettrodi che provvedono allo spostamento del punto luminoso sullo schermo?

N. 12 —
Cosa si intende per « persistenza » della traccia luminosa sullo schermo?

N. 13 —
In qual modo viene creata una traccia lineare, orizzontale o verticale?

N. 14 —
In qual modo viene creata un'immagine curva o anche rettilinea, ma non coincidente con uno degli assi ortogonali?

N. 15 —
Per quale motivo è bene evitare che il punto luminoso resti a lungo nella medesima posizione sullo schermo?

N. 16 —
Quale è il compito del rivestimento di grafite applicato sulla superficie interna del tubo a raggi catodici, dalla fine del « collo » fino ad una certa distanza dallo schermo?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 737

N. 1 — In base al teorema di Fourier, secondo il quale qualunque segnale non sinusoidale può venire scomposto in una serie di forme d'onda sinusoidali (armoniche), aventi frequenze multiple della fondamentale.

N. 2 — Simmetria rispetto all'asse zero, a « mezza onda » (o speculare), ed a « quarto d'onda ».

N. 3 — Esse non sono valide, perchè sono basate esclusivamente sul presupposto che i segnali che passano nel condensatore o nell'induttanza siano sinusoidali.

N. 4 — Si può scomporre il segnale presente all'entrata in tutte le armoniche che lo compongono, e successivamente calcolare il comportamento di ognuna di queste. Per ottenere la forma d'onda del segnale di uscita, si ricompongono le armoniche con le singole ampiezze che loro competono. Un altro metodo è basato sulla risposta del circuito alle tensioni transitorie.

N. 5 — Le forme d'onda quadrate e rettangolari, o comunque ad impulsi, e quelle a dente di sega.

N. 6 — Le armoniche di ordine pari. Ciò poichè essi presentano una simmetria di tipo speculare.

N. 7 — La ricchezza in armoniche a frequenza elevata, che determina il limite superiore della banda passante. Il limite inferiore della banda viene invece determinato dalla frequenza fondamentale.

N. 8 — Il tempo di salita è l'intervallo richiesto per salire dal 10% al 90% dell'ampiezza totale. Il tempo di durata è l'intervallo durante il quale l'impulso permane al massimo valore di tensione. Il tempo di discesa rappresenta l'intervallo necessario per passare dal valore massimo a quello minimo.

N. 9 — L'azione principale si ha nei tratti della forma d'onda molto inclinati rispetto all'asse orizzontale; in particolare, nel caso di impulsi, si ha una deformazione del fronte ascendente e del fronte discendente, ed un arrotondamento degli angoli.

N. 10 — In questo caso, l'azione principale si determina sui tratti paralleli all'asse orizzontale; ossia — negli impulsi — nel tratto relativo al tempo di durata.

N. 11 — Un segnale ad onda rettangolare. Ciò perchè alternativamente, ciascuna delle due valvole passa dalla condizione di funzionamento a quella di blocco.

N. 12 — I multivibratori bistabili e monostabili devono essere eccitati. Quelli astabili possono autoscillare.

N. 13 — Applicando alla griglia di una delle due valvole dei segnali ad impulsi o sinusoidali, di frequenza pari o multipla a quella di sincronizzazione.

N. 14 — Sulla tensione presente ai capi di un condensatore durante il periodo di carica. Viene sfruttato il tratto iniziale della curva, relativamente rettilineo.

N. 15 — Il segnale presente all'uscita ha una tensione istantanea proporzionale all'inclinazione rispetto all'asse orizzontale del segnale di entrata.

N. 16 — Il segnale presente all'uscita è proporzionale all'energia immagazzinata nel circuito fino all'istante considerato.

N. 17 — Il fenomeno della saturazione del trasformatore di accoppiamento tra placca e griglia.

TABELLA 84 — DATI TECNICI dei TUBI a RAGGI CATODICI a DEVIAZIONE ELETTROSTATICA — CARATTERISTICA AMERICANA

TIPO	Diam.	Filamento		A1	A2	A3	G1	SENSIBILITA' mm/V		ZOCC.
	mm	V	A	V	V	V	-V	DI-D2	D3-D4	fig.
1EP1-2-11	25,4	6,3	0,6	100/300	1.000	-	14/42	0,08/0,12	0,07/0,11	1
2AP1A	50,8	6,3	0,6	250	1.000	-	30/90	0,11	0,13	2
2BP1-11	50,8	6,3	0,6	300/560	2.000	-	135	0,95	0,14	3
3ACP1-7-11	76,2	6,3	0,6	545	2.000	4.000	45/75	0,12/0,13	0,15/0,16	4
3AP1A	76,2	2,5	2,1	430	1.500	-	25/75	0,22	0,23	5
3BP1-4-11	76,2	6,3	0,6	575	2.000	-	30/90	0,13	0,17	6
3BP1A	76,2	6,3	0,6	575	2.000	-	30/90	0,13	0,17	7
3FP7	76,2	6,3	0,6	575	2.000	4.000	30/90	0,10	0,14	8
3FP7A	76,2	6,3	0,6	575	2.000	4.000	30/90	0,10	0,14	4
3GP1-4-5-11	76,2	6,3	0,6	350	1.500	-	25/75	0,21	0,24	9
3GP1A-3GP4A	76,2	6,3	0,6	245/437	1.500	-	25/75	0,17/0,26	0,20/0,30	10
3JP1-2-4-7-11-12	76,2	6,3	0,6	400/690	2.000	4.000	30/90	0,11/0,15	0,95/0,20	4
3JP1A-7A-11A	76,2	6,3	0,6	400/690	2.000	4.000	45/75	0,13/0,17	0,18/0,24	4
3KP1-4-11	76,2	6,3	0,6	320/600	2.000	-	0/90	0,10/0,18	0,24/0,25	11
3RP1-4-3RP1A	76,2	6,3	0,6	330/620	2.000	-	135	0,13/0,17	0,18/0,24	3
3SP1-4-7	76,2	6,3	0,6	330/620	2.000	-	28/135	0,13/0,17	0,18/0,24	3
3UP1	76,2	6,3	0,6	320/620	2.000	-	126	0,08/0,10	0,08/0,11	12
3WP1-2-11	76,2	6,3	0,6	330/620	2.000	-	60/100	0,23/0,30	0,36/0,44	13
5ABP1-7-11	127,0	6,3	0,6	400/690	2.000	4.000	52/87	0,80/0,97	1,05/1,42	4
5ADP1-7-11	127,0	6,3	0,6	300/515	1.500	3.000	34/56	0,49/0,63	0,67/0,83	4
5AJP1	127,0	6,3	0,6	400/900	500	6.000	30/60	0,11	0,11	14
5AMP1	127,0	6,3	0,6	0/300	2.500	-	34/56	0,49/0,63	1,00/1,22	15
5AQP1	127,0	6,3	0,6	0/300	2.500	-	34/56	0,49/0,63	0,67/0,82	7
5ATP1-2-7-11	127,0	6,3	0,6	0/700	6.000	-	34/56	0,22/0,27	0,60/0,75	16
5BP1-1802-P1-2-4-5-11	127,0	6,3	0,6	425	2.000	-	20/60	0,30	0,33	9
5BP1A	127,0	6,3	0,6	450	2.000	-	20/60	0,30	0,33	10
5BP7A	127,0	6,3	0,6	375/570	2.000	-	20/60	0,26/0,35	0,28/0,40	10
5CP1-2-4-5-7-11	127,0	6,3	0,6	575	2.000	4.000	30/90	0,32	0,27	17
5CP1A	127,0	6,3	0,6	575	2.000	4.000	30/90	0,32	0,27	4
5CP1B-2B-7B-11B	127,0	6,3	0,6	400/690	2.000	4.000	45/75	0,25/0,30	0,29/0,35	4
5CP7A-11A-12	127,0	6,3	0,6	575	2.000	4.000	30/90	0,27	0,34	4
5GP1	127,0	6,3	0,6	425	2.000	-	24/56	0,70	0,35	9
5HP1-4	127,0	6,3	0,6	425	2.000	-	20/60	0,30	0,33	9
5HP1A	127,0	6,3	0,6	450	2.000	-	20/60	0,31	0,33	10
5JP1A-4A	127,0	6,3	0,6	333/630	2.000	4.000	45/105	0,22/0,33	0,22/0,33	18
5LP1A-4A	127,0	6,3	0,6	376/633	2.000	4.000	30/90	0,21/0,32	0,23/0,35	19
5MP1-4-5-11	127,0	2,5	2,1	375	1.500	-	15/45	0,38	0,42	20
5NP1-4	127,0	6,3	0,6	450	2.000	-	20/60	0,32	0,33	9
5RP1A-4A	127,0	6,3	0,6	362/605	2.000	20.000	30/90	0,12/0,18	0,14/0,20	21
5SP1-4	127,0	6,3	0,6	363/695	2.000	4.000	30/90	0,25/0,38	0,29/0,45	22
5UP1-7-11	127,0	6,3	0,6	340/360	2.000	-	90	0,36/0,48	0,51/0,58	3
5VP7	127,0	6,3	0,6	315/562	2.000	-	20/60	0,26/0,33	0,31/0,35	10
5XP1	127,0	6,3	0,6	362/695	2.000	20.000	30/90	0,12/0,19	0,37/0,55	21
5XP1A-2A-11A	127,0	6,3	0,6	362/695	2.000	12.000	45/75	0,16/0,19	0,50/0,64	21
5YP1	127,0	6,3	0,6	541/1040	2.000	6.000	45/135	0,15/0,22	0,55/0,62	23
7EP4	177,8	6,3	0,6	546/858	3.000	-	43/100	0,17/0,22	0,19/0,28	10
7JP1-P4-P7	177,8	6,3	0,6	1620/2400	6.000	-	72/178	0,10/0,14	0,13/0,18	24
7VP1	177,8	6,3	0,6	800/1200	3.000	-	84	0,24/0,29	0,31/0,36	24

TABELLA 85 — DATI TECNICI dei TUBI a RAGGI CATODICI a DEVIAZIONE ELETTROSTATICA — CARATTERISTICA EUROPEA

TIPO	Diam.	Filamento		A1	A2	A3	A4	G1	SENSIBILITA' mm/V		ZOCC.
	mm	V	A	V	V	V	V	-V	D1-D2	D3-D4	fig.
DB-DH 3-91	30,0	6,3	0,55	500	-	500	-	8/27	0,22	0,19	27
DB-DG-DP 7-1	44,0	6,3	0,31	200/300	800	-	-	0/50	0,25	0,16	28
DB-DG 7-1	71,0	4,0	1,00	150/350	800	-	-	0/30	0,22	0,14	29
DG 7-2	71,0	4,0	1,00	150/350	800	-	-	0/30	0,22	0,14	30
DB-DG-DR-DP 7-5	71,0	6,3	0,30	200/300	800	-	-	0/50	0,25	0,16	31
DB-DG-DR-DP 7-6	71,0	6,3	0,30	200/300	800	-	-	0/50	0,25	0,16	31
DG 7-31	71,0	6,3	0,30	500	0/120	500	-	50/100	0,35/0,43	0,24/0,30	32
DG 7-32	71,0	6,3	0,30	500	0/120	500	-	50/100	0,35/0,43	0,24/0,30	32
DB-DG 7-36	77,8	6,3	0,30	1.500	247/397	1.500	-	40/80	0,49/0,59	0,33/0,41	33
DB-DG 9-3	97,5	4,0	1,00	200/400	1.000	-	-	0/40	0,40	0,31	34
DB-DG 9-4	97,5	4,0	1,00	200/400	1.000	-	-	0/40	0,40	0,31	34
DB-DG 9-5	97,5	4,0	1,00	230/430	1.000	5.000	-	0/40	0,18	0,15	34
DB-DG-DR-DP 10-2	97,5	6,3	0,30	2.000	400/720	2.000	-	45/100	0,32/0,38	0,24/0,38	35
DB-DG-DR 10-3	97,5	4,0	0,56	1.000	200/340	1.000	-	18/46	0,65	0,55	36
DB-DG-DR 10-5	97,5	4,0	0,56	1.000	200/340	1.000	2.500	18/46	0,37	0,32	37
DB-DG-DR-DP 10-6	97,5	6,3	0,30	2.000	400/720	2.000	4.000	45/100	0,25/0,31	0,19/0,25	35
DG 10-74	96,5	6,3	0,30	2.000	400/720	2.000	4.000	45/100	0,25/0,31	0,19/0,25	38
DH- 10-78	100,0	6,3	0,30	2.000	400/700	2.000	2.000	45/75	0,57/0,59	0,23/0,28	38
DB-DG-DR-DP 13-2	135,0	6,3	0,30	2.000	400/720	2.000	4.000	45/100	0,34/0,42	0,29/0,37	35
DG 13-32	133,0	6,3	0,60	2.000	340/640	2.000	-	0/90	0,41/0,55	0,33/0,45	39
DB-DG-DP 13-34	133,0	6,3	0,60	2.000	400/690	2.000	4.000	45/75	0,51/0,63	0,38/0,47	40

Le due tabelle qui riportate elencano i principali dati tecnici relativi alle condizioni di impiego dei tubi a raggi catodici a deviazione elettrostatica di uso più comune, sia quelli a caratteristica americana (tabella 85) che quelli a caratteristica europea (tabella 86).

Abbiamo già accennato al significato delle sigle dei tubi a caratteristica americana: per quanto riguarda quelli a caratteristica europea, il significato è il segente:

Prima lettera: D = Doppia deflessione elettrostatica, con messa a fuoco anch'essa elettrostatica.

Seconda lettera: B = luce blu, bassa persistenza; C = luce viola, bassissima persistenza; F = luce arancione, lunghissima persistenza; G = luce verde, media persistenza; L = luce arancione, lunga persistenza; P = schermo a doppio strato, a luce blu con bassa persistenza, seguita da luce giallo - verde a lunghissima persistenza; R = luce giallo - verde, lunga persistenza.

Prima cifra: Diametro dello schermo in mm per i tipi a schermo rotondo, e diagonale per il tipi a schermo rettangolare.

Seconda cifra: Numero di serie.

Nella prima colonna sono elencati i vari tipi di tubi: si noterà che molti sono raggruppati in una sola voce: ciò è dovuto al fatto che essi hanno le medesime caratteristiche di funzionamento. Ad esempio, nella prima colonna della tabella 85, notiamo per prime le sigle « 1EP1 - 2 - 11 ». Ciò significa che i dati riportati sono relativi ai tubi 1EP1, 1EP2 ed 1EP11.

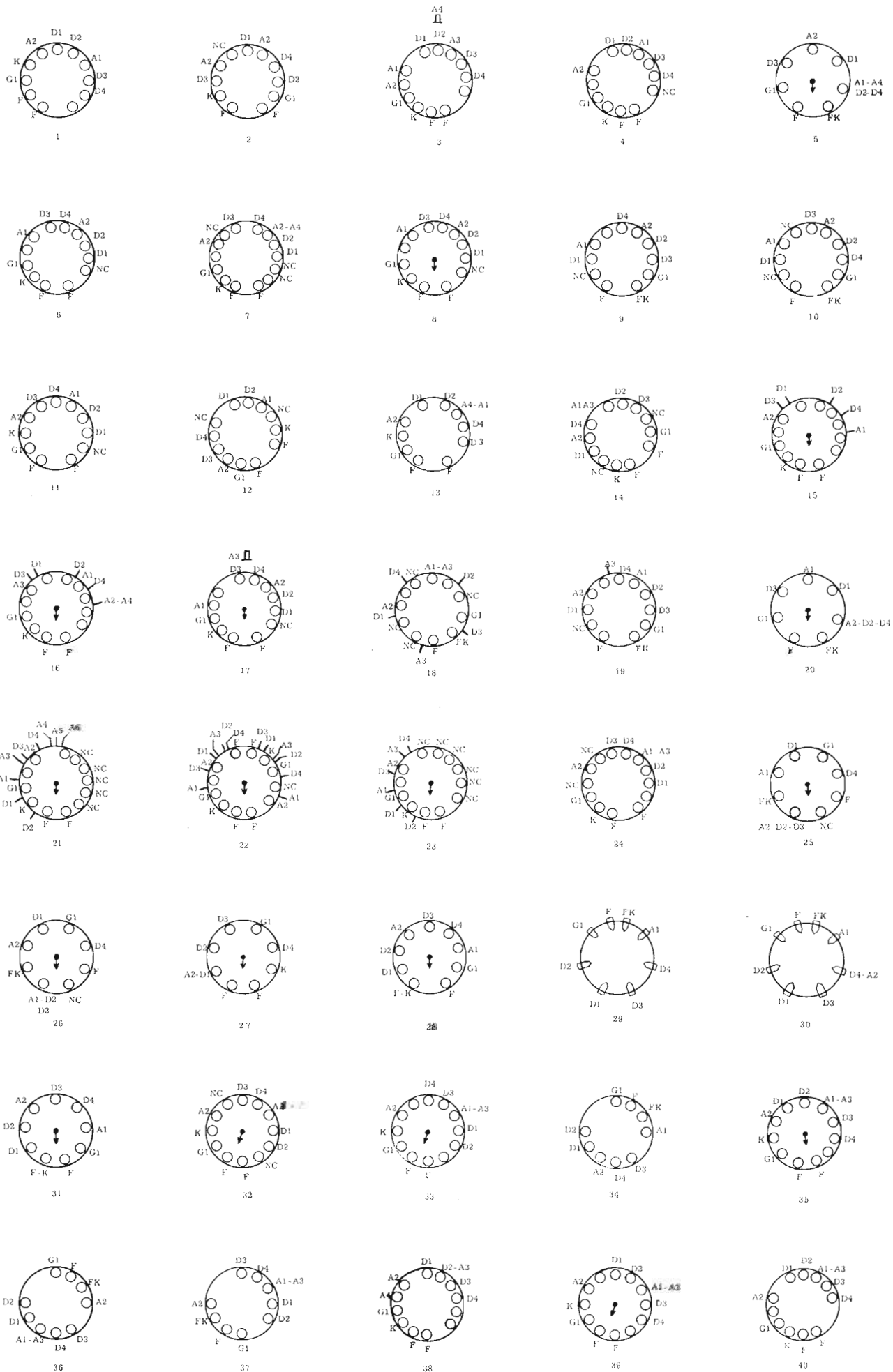
Facciamo presente che per i tipi riportati nella tabella 85, la misura del diametro in pollici è contenuta — come è noto — nella medesima sigla che li contraddistingue. Ciò nonostante, nella seconda colonna è stato riportato il diametro corrispondente in millimetri, ricavato semplicemente in base al fattore di conversione dei pollici in millimetri, che non sempre si riferisce al diametro effettivamente utile dello schermo.

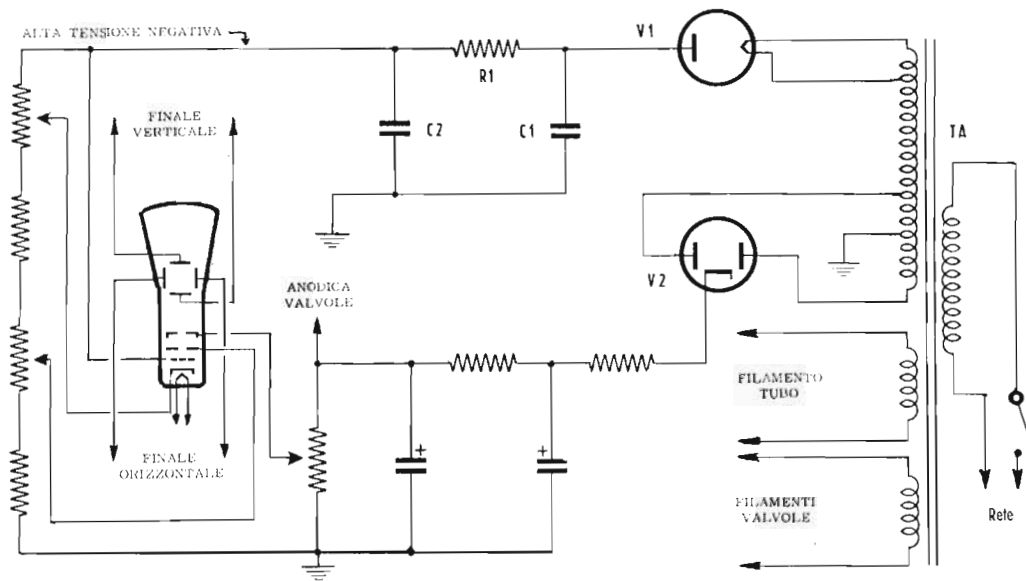
Nella tabella 86, invece, è riportato il solo diametro in millimetri, corrispondente alle dimensioni massime dello schermo, Tale dato è però contenuto anche — ripetiamo — nella sigla di ogni singolo tipo.

Le sigle relative agli anodi, (A1, A2, A3 ed A4), sono considerate in ordine progressivo a partire dal catodo. In altre parole, A1 rappresenta l'anodo che segue immediatamente la griglia, A2 l'anodo acceleratore, e così via.

Dei due valori riportati per la tensione negativa della griglia controllo (G1 - V), il più basso rappresenta la minima tensione di polarizzazione, ed il più alto la tensione di interdizione, in corrispondenza della quale la traccia luminosa scompare dallo schermo.

D1 - D2, e D3 - D4, rappresentano le due coppie di placchette deflettrici: la sensibilità in mm/V (millimetri per volt), rappresenta la deviazione del punto luminoso, in millimetri, che si ottiene per ogni volt applicato tra le singole coppie di placchette per la deviazione elettrostatica.

A pagina 764 sono riportati i disegni relativi alla disposizione dei contatti allo zoccolo, con i riferimenti elencati nell'ultima colonna di entrambe le tabelle.

In questa tabella vengono elencati i fosfori (prima colonna). così come sono stati registrati dalla EIA (Electronic Industries Association). Nella seconda e terza colonna figurano i colori di luminosità per luminescenza e per fosforescenza. Come si può notare, alcuni fosfori dànno due colori diversi a seconda che si tratti di luminescenza o di fosforescenza (persistenza della traccia). Viene indicata anche la caratteristica di persistenza (quarta colonna). Nell'ultima colonna — infine — vengono elencate le più comuni possibilità di impiego per ogni tipo di fosforo. In base alle sigle dei vari tipi è così possibile scegliere il tubo più adatto.

Fosforo	Colore di emissione		Persistenza	Applicazione
	Fluorescenza	Fosforescenza		
P-1	Verde giallastra	Verde giallastra	Media	Oscilloscopi e radar
P-2	Verde giallastra	Verde giallastra	Media	Oscilloscopi
P-3	Arancione giallastra	Arancione giallastra	Media	
P-4	Bianca	Bianca	Da media a medio-corta	Cinescopi monocromatici per televisione
P-5	Bleu	Bleu	Medio-corta	Registrazione fonografica
P-6	Bianca	Bianca	Corta	Non più usato impiegato originariamente nei ricevitori TV
P-7	Bianca	Verde giallastra	Bleu, medio-corta Gialla, lunga	Radar
P-8	Non piu usato	Sostituito da P-7		
P-9	Non più usato			
P-10			Traccia scura, molto lunga	Per l'osservazione viene usata una sorgente di luce esterna; persistenza da alcuni secondi, a parecchi mesi
P-11	Bleu	Bleu	Medio-corta	Registrazione fotografica
P-12	Arancione	Arancione	Lunga	Radar
P-13	Arancione rossastra	Arancione rossastra	Media	
P-14	Bleu porporino	Arancione giallastra	Bleu, medio-corta Giallo verdastra, media	Usi militari dove la velocità di ripetizione dell'immagine debba essere da 2 a 4 sec una volta cessata l'eccitazione
P-15	Verde	Verde	Visibile, corta Ultravioletta, molto corta	Ripresa televisiva di fotografie mediante scansione a punto mobile (flying spot)
P-16	Porpora bluastra	Porpora bluastra	Molto corta	Ripresa televisiva di fotografie mediante scansione a punto mobile (flying spot)
P-17	Da bianco gialla a bianco bleu	Gialla	Bleu, corta Gialla, lunga	Usi militari
P-18	Bianca	Bianca	Media	Televisione a bassa frequenza di quadro
P-19	Arancione	Arancione	Lunga	Indicatori radar
P-20	Da verde a giallo verde	Da verde a giallo verde	Da media a medio-corta	Rappresentazioni di elevata visibilità
P-21	Arancione rossastra	Arancione rossastra	Media	
P-22	Schermo tricolore		Media	Televisione a colori
P-23	Bianca	Bianca	Media	Bianco freddo (seppia) intercambiabile con P-4
P-24	Verde	Verde	Corta	Tubi analizzatori a punto mobile (flying spot)
P-25	Arancione	Arancione	Media	Usi militari dove la velocità di ripetizione dell'immagine debba essere da 10 sec a 2 min una volta cessata l'eccitazione
P-26	Arancione	Arancione	Molto lunga	Radar
P-27	Arancione rossastra	Arancione rossastra	Media	Apparecchi di controllo (monitor) per TV a colori
P-28	Giallo verde	Giallo verde	Lunga	Radar
P-29	Schermo bicolore		Media	Tubi indicatori per strumenti a bordo di aerei

Tipico esempio di alimentatore per apparecchio contenente un tubo a raggi catodici. Il trasformatore è provvisto di tre secondari, due dei quali per i filamenti (del tubo e delle valvole) ed il terzo per l'anodica, l'alta tensione ed il filamento della raddrizzatrice di quest'ultima. Le tensioni necesarie dipendono dal tipo del tubo a raggi catodici; nei normali oscillografi con tubo da 3 o 5 pollici l'alta tensione negativa si aggira sui — 1.000 volt.

Gli alimentatori per apparecchi contenenti un tubo a raggi catodici, quali ad esempio gli oscillografi, devono comprendere una apposita sezione che provveda a fornire l'alta tensione necessaria per l'anodo acceleratore, oltre alle altre tensioni inferiori per gli altri elettrodi e per le valvole.

Tale tensione si aggira sui 1000 volt per tubi di piccolo diametro, ma può salire — come si nota osservando le tabelle 84 e 85 — fino a 20.000 volt per i tubi di grandi dimensioni. Le correnti assorbite sono molto deboli, dell'ordine cioè di 1/10 di milliampère.

Tuttavia, poichè le varie tensioni vengono prelevate per lo più lungo un partitore, agli effetti del calcolo del circuito dell'alimentatore, è necessario considerare anche la corrente costante che fluisce in quest'ultimo che, solitamente, è dell'ordine di tre milliampère.

Poichè la corrente assorbita è — ripetiamo — molto debole, la tensione raddrizzata può essere considerata pari a circa 2 volte (1,414 volte) il valore della tensione alternata applicata alla placca della raddrizzatrice. Ad esempio, se il secondario ad alta tensione fornisce 700 volt, la tensione continua sarà di circa 1000 volt.

Come si può notare nello schema di principio qui rappresentato, contrariamente a quanto avviene di solito, l'alta tensione per i tubi a raggi catodici viene prelevata dal circuito di placca della raddrizzatrice (lato negativo), mentre si pone a massa il lato positivo. Questo provvedimento viene adottato per i motivi che ora illustreremo.

Generalmente, la tensione delle placchette di deflessione viene prelevata dal medesimo circuito che fornisce la tensione anodica alle altre valvole, e ciò in quanto le esigenze di funzionamento comportano la necessità di un accoppiamento diretto tra le placchette deflettrici e gli anodi delle valvole finali dei due amplificatori (orizzontale e verticale); questa tensione, in generale, si aggira su 250 - 300 volt positivi rispetto a massa. Per ottenere un'elevata differenza di potenziale tra le placchette deflettrici ed il catodo del tubo, si fa in modo, quindi, che su quest'ultimo sia presente una forte tensione negativa.

Come si può notare nello schema, la massima tensione negativa in questione, prelevata sulla placca della raddrizzatrice *V1*, viene applicata, dopo un opportuno filtraggio (*R1*, *C1* e *C2*), direttamente alla griglia controllo e, attraverso una resistenza variabile, al catodo. Al primo anodo acceleratore perviene una tensione di valore inferiore, anch'essa variabile mediante un potenziometro. Al secondo anodo viene infine applicata una tensione variabile, compresa tra 0 e la massima tensione anodica positiva rispetto a massa.

Un'altra ragione per cui si preferisce scegliere questa distribuzione di tensione risiede nel fatto che una differenza di potenziale notevole tra le placchette deflettrici e la massa determinerebbe un campo elettrostatico che metterebbe fuori fuoco il raggio catodico.

Come si può notare nello schema, il circuito raddrizzatore per l'alta tensione è ad una sola semionda. Questo sistema di rettificazione è sufficiente, sia perchè in tal modo si diminuisce il numero delle spire necessarie nel secondario del trasformatore, sia perchè con un circuito a due semionde, non si riuscirebbe ad ottenere con altrettanta semplicità un'alta tensione negativa rispetto a massa.

Le valvole che si impiegano in tali circuiti sono spesso diverse dalle normali raddrizzatrici, poichè devono essere adatte per alte tensioni e basse correnti. Le più comuni sono, tra le valvole americane, la 1V2, la 1AX2 e la 1X2.

Poichè il filamento è, nei tubi a raggi catodici, collegato al catodo, esso si trova ad un'alta tensione rispetto a massa. E' quindi opportuno che, per l'accensione, venga usato un avvolgimento secondario separato da quello per i filamenti delle altre valvole, se non si vuole che l'alta tensione sia presente anche su questi ultimi.

E' bene aggiungere che, grazie al notevole sviluppo conseguito nel campo dei rettificatori ad ossido, questi possono essere impiegati anche per rettificare l'alta tensione necessaria per l'alimentazione dei tubi a raggi catodici. In tal modo si ottiene il vantaggio di eliminare una fonte di calore — quale è normalmente una valvola raddrizzatrice — sempre dannosa, e, particolarmente, in uno strumento di misura, e di eliminare anche il secondario separato del trasformatore, di cui si è detto, necessario per alimentarne il filamento.

RADIO e TELEVISIONE

viene inviata in abbonamento e venduta alle Edicole in tutta Italia.

Agli abbonati in caso di cambio indirizzo è richiesto l'invio di Lire 50 con la comunicazione dell'indirizzo nuovo; in ogni caso è sempre molto importante precisare anche il vecchio indirizzo al quale la Rivista veniva spedita.

Per lo scambio di corrispondenza si prega unire il francobollo per la risposta.

PUBBLICITA':

Via dei Pellegrini, 8/4 - Telef. 593.478 - Milano

La Rivista accetta inserzioni pubblicitarie secondo tariffe che vengono inviate a richiesta delle Ditte interessate.

La Direzione, pur essendo disposta a concedere molto spazio alla pubblicità poichè questa interessa sempre gran parte dei lettori, avverte che ogni aumento di inserzioni non andrà mai a danno dello spazio degli articoli di testo perchè ogni incremento di pubblicità porterà ad un aumento del numero di pagine.

La Direzione si riserva la facoltà di rifiutare il testo, le fotografie e i disegni che non ritenesse adeguati all'indirizzo della rivista.

REDAZIONE E DIREZIONE:

Via dei Pellegrini, 8/4 - Telef. 593.478 - Milano

Tutti i diritti di proprietà tecnica, letteraria ed artistica sono riservati. È vietato riprodurre articoli o illustrazioni della Rivista.

La responsabilità degli scritti firmati spetta ai singoli autori.

Manoscritti, disegni, fotografie non pubblicati non si restituiscono.

STAMPA:

Via dei Pellegrini, 8/6 - Telef. 542.924 - Milano

Tipografia propria: Grafica Tecnico Commerciale.
Iscrizione presso il Tribunale di Milano al N. 3188.
Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

DIFFUSIONE:

Concessionaria per la diffusione alle Edicole in Italia: Diffusione Milanese - Via Soperga, 57 - Milano.

ABBONAMENTI:

Abbonamento a 6 numeri: lire 1600; a 12 numeri: lire 3060 - IGE compresa. Estero: lire 4000 (dollari 6).

I numeri arretrati costano lire 350; possono però essere compresi in conto abbonamento, se disponibili. Per l'invio di qualsiasi somma consigliamo servirsi del Conto Corrente Postale; è il mezzo più economico e sicuro. Modulo di versamento all'Ufficio Postale.

Il ns./Conto Corr. porta il N. 3/4545 - Milano.

SOMMARIO

GELOSO

Dal 1931 su tutti i mercati del mondo

Un ricevitore veramente completo, che voi stessi potete costruire con facilità e sicurezza di riuscita, è il **G 334**

descritto alla lezione 74ª

Vi permette la ricezione delle Onde Corte e Medie, è corredato di comandi a tastiera, e costituisce la più conveniente soluzione – anche dal punto di vista economico – per realizzare un apparecchio radio modernissimo.

Col G 334 la ricezione è estesa su tre gamme (1 di Onde Medie e 2 di Onde Corte: da 25 a 70 e da 65 a 185 m): ciò permette l'ascolto di numerose stazioni in qualsiasi ora del giorno e della notte. La controreazione di Bassa Frequenza conferisce all'apparecchio prerogative di ottima qualità di riproduzione. L'occhio elettrico rende semplicissima l'operazione di una esatta sintonizzazione, resa d'altronde già molto agevole dalla scala parlante demoltiplicata. Si hanno inoltre 6 circuiti accordati, comando a tastiera per il cambio di gamma — controllo di tono — altoparlante ellittico — alimentazione da 100 e 230 volt. Il mobile è in colore marrone, con finiture colore avorio. Dimensioni di cm 37 × 20 × 24 e peso di kg. 4,450.

G 334/SM — Scatola di montaggio, completa di valvole e di ogni parte necessaria alla costruzione. Prezzo comprensivo di tasse radio e di imballo, porto escluso . . . . . . Lire 14.900

Mobile marrone, completo per detto. Prezzo comprensivo di tasse e imballo . . . . . . Lire 4.200

G 334 — Ricevitore montato, tarato e collaudato, completo di mobile. Prezzo, tasse radio comprese . . . . . . Lire 27.800

GELOSO S.p.A. - Viale Brenta, 29 - Telefoni 563.183/4/5/6/7 - MILANO (808)

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

Oscilloscope **KIT**

MODELLO

OM-3

VERTICALE:

Tempo di salita . . . . . 0,25 miscosecondi
Risposta di frequenza . . ± 3 dB da 4 Hz a 1,2 MHz; ± 6 dB da 3 Hz a 2 MHz
Sensibilità . . . . . . 36 mV efficaci per cm. a 1 kHz
Impedenza d'ingresso . . . a 1 MHz 2,6 MΩ nella posizione X1; 3,3 MΩ nella posizione X10 e X100. Queste impedenze sono il risultato di 22 micromicrofarad schuntati a 3,6 MΩ nella posizione X1 e 11 micromicrofarad schuntati con 3,9 MΩ nella posizione X10 e X100

ORIZZONTALE:

Risposta di frequenza . . ± 3 dB da 2 Hz a 425 kHz; ± 6 dB da 1 Hz a 625 kHz
Sensibilità . . . . . . 275 mV per cm. a 1 kHz
Impedenza d'ingresso . . . 25 pF con una R parallelo di 10 MΩ

Generatore asse di tempo . . a multivibratore da 20 Hz a 150 kHz.
Tubi elettronici impiegati . 1 - 5 BP 1 tubo a raggi catodici
2 - 12 AU 7 separatore catodico e amplificatore orizzontale, amplificatore per la deflessione verticale.
1 - 12 BH 7 amplificatore per la deflessione verticale.
1 - 6 BA 8 separatore catodico e amplificatore verticale.
1 - 12 AX 7 - Generatore asse tempi a multivibratore.
1 - 6 X 4 Rettificatore per bassa tensione.
1 - 1 V 2 Rettificatore per alta tensione.

Alimentazione . . . . 105 - 125 Volt C.A. 50/60 Hz 65 watt.
Dimensioni . . . . 21,5 cm di larghezza x 36 cm di altezza x 45 cm di profondità.
Peso netto . . . . 9 kg circa.

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

soc. r. l. MILANO P.zza 5 GIORNATE 1 Telefoni: 795.762 - 795.763

AGENTI ESCLUSIVI DI VENDITA PER: LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI
Soc. FILC RADIO - ROMA
Piazza Dante, 10 - Telefono 736.771

EMILIA - MARCHE
Ditta A. ZANIBONI - BOLOGNA
Via Azzogardino, 2 - Telefono 263.359